

NAPENJALNI MEHANIZEM

Podane so izhodiščne točke za izračun vlečne sile v verigi visečega krožnega transporterja. Določiti je treba še mesto za napenjalno postajo. Napenjalni mehanizem je potreben iz dveh vzrokov: po vnaprejšnji nastavitvi omogoča namreč enakomerno napenjanje verige ter elastično prenašanje sunkov med obratovanjem.

Znana sta dva pglavitna tipa napenjalnega mehanizma. Napenjalna postaja, ki omogoča napenjanje s pomočjo protiuteži, ter napenjalna postaja v teleskopski izvedbi, v kateri je napenjanje omogočeno s pomočjo vzmeti. Obe vrsti pa sta največkrat vgrajeni pri horizontalni krivini 180°. Ta krivina pa mora biti ob vstopu in izstopu teleskopsko uležajena, da omogoča enakomerno napenjanje oziroma menjavanje dolžine verige.

Sila protiuteži ali vzmeti T' mora držati v ravnotežju vlečno silo ob vstopu in izstopu z napenjalne postaje ter silo trenja vodil postaje; velja:

$$T' = F_{vst} + F_{izst} + W_S.$$

Velikost uteži ali vzmeti pa je pri danem transporterju spremenljiva, saj je odvisna od mesta, na katerem je napenjalna postaja vgrajena v progjo.

Zaradi nosprotnosti sile v uteži ali vzmeti se sila v verigi ni prav nič povečala, prav tako pa se ni povečala niti radialna sila, s kakršno so obremenjena vodilna kolesa na krivini pri napenjalnem mehanizmu. Velikost sile v verigi in s tem tudi velikost radialnih sil v napenjalni krivini 180° se poveča šele z vrednostjo sile za vnaprejšnje napenjanje T_N , ki je dodana vrednosti sile T' . S tem je zagotovljeno, da je veriga visečega krožnega transporterja dejansko v celoti obremenjena na nateg. Dogaja se namreč lahko, da pride takoj za pogonskim mehanizmom do razlike višin, ki povzročata, da je ta del verige obremenjen na tlak:

$$T' = F_{vst} + F_{izst} + W_S,$$

pri čemer je:

$$T' + T_N = T.$$

Zategadelj je priporočljivo, da je napenjalna postaja čim bližje pogonskemu mehanizmu — gledano v

smeri vrtenja verige — ker je tu manjša sila v verigi in s tem najmanjša potrebna nasprotna sila v uteži ali vzmeti. V tem primeru pa napenjalna postaja izgublja drugo funkcijo: skoraj nič več ni občutljiva za morebitne preobremenitve. Glede na to pa je spet boljše vgrajevati napenjanje proti sredini proge, ker s tem pridobimo več varnosti v obratovanju. Na napenjalni postaji je namreč mogoče zaradi morebitne preobremenitve prigravovati električno varnostno prekinjalo, ki pri preveliki obremenitvi izklopi elektromotor pogonskega mehanizma.

Glede na gornje je torej velikost protiuteži ali vzmeti določena šele po določitvi vlečne sile v verigi na mestu, kjer je vgrajena napenjalna postaja. Izračun celotne vlečne sile v verigi je potrebno ponoviti in pri tem upoštevati dodatno vrednost T_N v sili uteži ali vzmeti T , ki pa mora biti večja od morebitne negativne vrednosti v verigi takoj za pogonskim mehanizmom, ugotovljene pri prvotnem računanju. Vnaprejšnja napenjalna sila T_N se pri ponovnem izračunu vlečne sile pokaže kot dodatni upor ravne proge.

Za računanje vlečne sile so sedaj znane vse izhodiščne točke; znan je način izračunavanja upora na ravni progji, na horizontalnih in vertikalnih krivinah ter na obračalnih kolesih, znano pa je tudi najprimernejše mesto pogonske in napenjalne postaje.

Račun je treba pričeti takoj za pogonsko postajo — gledano v smeri vrtenja verige — kjer je vlečna sila F enaka nič. Največja vlečna sila, ki je tik pred pogonsko postajo, pa je enaka vsoti vseh posameznih obravnavanih odsekov.

Literatura:

A. O. Spiwakowski und W. K. Djatschkow: Förderanlagen. Braunschweig 1963.

H. G. Fromme: Kettenzugkräfte in Kreisförderanlagen. Fördern und Heben 1961, št. 11.

H. J. Geissler: Zugkraft und Leistungsberechnung von Kreisförderanlagen. Fördern und Heben 1959, št. 3.

Avtorjev naslov: Matija Tuma, dipl. ing. str., Ljubljana, Pirška 18/III

DK 669.14.002.54

Stanje in razvoj orodnih jekel*

JOŽE RODIČ

Orodna jekla so vsa nelegirana in legirana jekla, ki se uporabljajo za izdelavo orodij.

To definicijo je nekako pred 10 leti postavil ameriški inštitut za železo in jeklo. Kljub temu, da s tako definicijo ni nihče prav zadovoljen, skozi celo desetletje ni bilo mogoče odrediti boljše in natančnejše.

V senci te definicije se skriva obširna problematika. Z njo je uradno potrjeno, da se orodja ne izdelujejo samo iz tistih jekel, ki jih v tabelah in pregledih navajamo kot orodna.

Prave meje med orodnimi in konstrukcijskimi jekli ni!

1. Pregled orodnih jekel

Število različnih orodnih jekel je ogromno. Za uspešno spoznavanje in sistematično preskušanje, predvsem pa za pravilno izbiro je potrebna neka smiselna razdelitev orodnih jekel v skupine.

Delimo jih lahko:

- po uporabnosti,
- po kemični sestavi,
- po načinu toplotne obdelave,
- po lastnostih.

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

Prve tri kriterije upoštevamo pri razdelitvi jekel v skupine, zadnjega pa predvsem pri izbiri jekel.

Največkrat te kriterije kombiniramo in ločimo npr.

- nelegirana jekla za kaljenje v vodi,
 - jekla za delo v hladnem na osnovi kroma, volframa in vanadija za kaljenje v olju ali na zraku,
 - volframova in molibdenova hitrorezna jekla.
- Največkrat uporabljamo osnovno razdelitev orodnih jekel na:

- nelegirana ogljikova jekla,
- legirana jekla za delo v hladnem,
- legirana jekla za delo v vročem,
- hitrorezna jekla,
- jekla za posebne namene.

Ogljikova jekla so med orodnimi jekli najcenejša. Vsebujejo 0,5...1,4% C in se kalijo v vodi. Kalijo se plitvo, kar pomeni, da nastaja pri kaljenju površinski sloj z veliko trdoto, jedro orodja pa ostaja nekaljeno — žilavo. Ta jekla se premalo uporabljajo, ker mnogi podcenjujejo njihove kvalitetne sposobnosti. Pregled nelegiranih ogljikovih orodnih jekel podaja tabela 1.

Med domačimi orodnimi jekli za delo v hladnem (tabela 2) so najpomembnejše naslednje skupine z značilnimi lastnostmi:

Tabela 1. Ogljikova orodna jekla

Skupine	Označba ¹		Sestava [%]			
	JUS CBO.002	Železarna Ravne	C	Si maks.	Mn maks.	V
SKUPINA OC	I Kvalitetna skupina					
	Č.1941	OC-100 ex.	0,90...1,10	0,30	0,30	dodatek
	Č.1944	OC-120 ex.	1,10...1,30	0,30	0,30	dodatek
	II Kvalitetna skupina					
	Č.1740	OC-70	0,65...0,80	0,30	0,30	
	Č.1840	OC-80	0,75...0,90	0,30	0,30	
	Č.1842	OC-80 Mn	0,75...0,90	0,30	0,50	
	Č.1940	OC-100	0,90...1,10	0,30	0,30	
	Č.1943	OC-120	1,10...1,30	0,30	0,30	
	III Kvalitetna skupina					
Č.1540	OC-50	0,45...0,57	0,30	0,50...0,80		
SKUPINA OCP	Jekla za posebne namene:					
	—	—	~ 0,85	0,25...0,40	0,50...0,80	
	Č.1841	Kose(KES)	0,78...0,90	0,20	0,25	
	Jekla za pile:					
	Č.1741	OCP-65	0,60...0,75	0,35	0,35	
	Č.1946	OCP-110	1,00...1,20	0,35	0,35	
	Č.1947	OCP-125	1,15...1,35	0,35	0,35	
Č.1948	OCP-135	1,30...1,50	0,35	0,35		

¹) Označbe prednostno tipiziranih jekel so tiskane debelo. Označbe netipiziranih jekel so tiskane kurzivno.

Označbe posebno tipiziranih jekel so tiskane normalno.

jekla OW so obstojna proti obrabi in legirana z W, jekla OSIKRO z veliko žilavostjo so legirana z W, Cr in Si,

jekla OCR so kromova orodna jekla z različnimi razmerji kroma in ogljika,

jekla OCR-12 vsebujejo 12 % kroma in velik odstotek ogljika ter po potrebi dodatke elementov, ki tvorijo karbide. Ta jekla so obstojna v dimenzijah in zelo odporna proti obrabi,

jekla MERILO za kaljenje v olju so namenjena za izdelavo rezilnih in v dimenzijah obstojnih orodij.

Naštete lastnosti so osnovne značilnosti legiranih orodnih jekel za delo v hladnem. Dosegamo jih s primerno toplotno obdelavo, v veliki meri pa so odvisne od oblike, dimenzij, stanja površine in vzdrževanja orodij pri delu.

Raziskovalno delo na področju teh jekel je namenjeno iskanju osnov za smiselno tipizacijo in zmanjšanje preobširnega asortimaja različnih vrst jekel za enake namene.

Po sklepih in praktičnih skušnjah se razvijajo še nova in bolj kvalitetna, po možnosti čim bolj vsestransko uporabna jekla.

Obete v razvoju imajo predvsem na zraku kaljiva jekla z nizko kalilno temperaturo, širokim območjem kalilnih temperatur in čim manjšim dodatkom legiranih elementov. Težnja v razvoju gre za povečanjem obstojnosti proti obrabi ob hkratni veliki žilavosti in dobri dimenzijski obstojnosti.

Novost na področju legiranih orodnih jekel za delo v hladnem so grafitna orodna jekla.

Orodna jekla za delo v vročem (tabela 3) so namenjena za izdelavo orodij, ki se pri delu bolj ali manj ogrevajo. Pogoji dela pri takih orodjih so dokaj različni. Orodja so izpostavljena mehanskim in toplotnim obremenitvam. Pri vseh jeklih te skupine je potrebna velika popuščajna obstojnost; pri orodjih pa razlikujemo taka, ki so izpostavljena udarcem in kratkotrajnemu dotiku z vročim obdelovancem, ter druga, ki morajo biti predvsem obstojna proti obrabi in obstojna v vseh lastnostih do visokih temperatur zaradi dolgotrajnega ogrevanja med delom.

Osnovne skupine jekel za delo v vročem so:

— volfram-krom-vanadijeva jekla v odličnih mehanskih lastnostih. Odlikuje jih predvsem obstojnost proti obrabi pri najvišjih delovnih temperaturah. Ta jekla pa so občutljiva za temperaturne spremembe,

— krom-molibden-vanadijeva jekla z dobro trdnostjo in žilavostjo ter toplotno prevodnostjo. Ta jekla niso občutljiva za hitre spremembe temperatur in dopuščajo močno hlajenje med delom,

— nikelj-molibden-kromova jekla za dinamično in udarno obremenjena orodja,

— toplotno obstojna konstrukcijska jekla.

Preskušanje orodnih jekel za delo v vročem je posebno problematično zaradi dimenzij orodij in delovnih pogojev, ki jih pri preskušanju ni mogoče dobro posnemati.

Pri razvijanju tega področja orodnih jekel so raziskave usmerjene predvsem h kvalitetnim izboljšavam, manj pa k razvoju novih specialnih jekel.

Hitroreznna jekla (tabela 4) se po lastnostih kakor tudi po načinu toplotne obdelave razlikujejo od vseh drugih orodnih jekel. So zelo obstojna proti popuščanju

Tabela 2. Orodna jekla za delo v hladnem

Skupine	Označba ¹		Sestava [%]						
	JUS CBO.002	Železarna Ravne	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V
OW	Č.6840	OW-1	1,10...1,30	~0,20	~0,30	—	0,85...1,15		dodatek
	Č.6841	OW-2	1,10...1,30	~0,20	~0,30	0,20...0,50	1,20...1,60		dodatek
	Č.6441	OW-3	1,00...1,20	~0,20	~0,30	0,50...0,80	1,30...1,70		dodatek
	Č.6842	OW spec. ²	~1,10	~0,20	~0,30	~0,30	~1,10		dodatek
	Č.6850	OW-5	~1,40	~0,20	~0,30	~0,60	~5,00		dodatek
OSIKRO	Č.6442	Osikro 1	0,30...0,42	0,80...1,20	~0,35	0,95...1,25	1,80...2,20		dodatek
	Č.6443	Osikro 2	0,40...0,52	0,80...1,20	~0,3	0,95...1,25	1,80...2,20		dodatek
	Č.6444	Osikro 4	0,55...0,70	0,45...0,75	~0,3	0,95...1,25	1,90...2,30		dodatek
	Č.6445	Osikro sp. ²	0,70...0,90	0,40...0,70	~0,4	0,95...1,25	1,90...2,30		0,20...0,40
OL	Č.4147	OL 1 ⁴	~0,55		~0,7	~0,4			
	Č.4148	OL 2 ⁴	~0,8		~0,8	~0,5			
	Č.4844	OL 2 spec. ⁴	~0,8		~0,55	~0,55			dodatek
	—	OL 3 ⁴	~0,9			~0,5			dodatek
OCR	Č.4140	OCR	0,80...0,95	~0,30	~0,30	0,80...1,10			
	Č.4141	OCR-1	1,00...1,20	~0,30	~0,30	0,85...1,15			dodatek
	Č.4142	OCR-2	1,10...1,30	~0,30	~0,30	0,95...1,25			
	Č.4143	OCR-3	1,35...1,55	~0,30	~0,30	0,70...0,90			
	Č.4149	OCR-3 ex.	1,25...1,45	~0,30	~0,30	0,40...0,70			
	Č.4146	OCR-4 ex. sp. ³	0,90...1,10	~0,30	~0,30	1,35...1,65			
OCR-12	Č.4150	OCR-12	1,95...2,20	~0,30	~0,30	11,0...13,0			dodatek
	Č.4650	OCR-12 sp.	1,95...2,20	~0,30	~0,30	11,0...13,0	0,55...0,85		dodatek
	Č.4750	OCR-12 ex.	1,55...1,80	~0,30	~0,30	11,0...13,0	0,35...0,65	0,45...0,75	dodatek
MERILO	Č.3840	Merilo	0,85...1,00	~0,20	1,80...2,15				dodatek
	Č.4840	Merilo sp.	1,30...1,50	~0,20	0,50...0,70	1,40...1,80			dodatek
	Č.6440	Merilo ex.	0,95...1,15	~0,20	0,85...1,15	0,80...1,20	1,00...1,40		
VCV	Č.4835	VCV 130 ⁵	~0,31		~0,5	~0,5			dodatek

Opombe: ¹) Označbe prednostno tipiziranih jekel so tiskane debelo, označbe posebno tipiziranih jekel so tiskane normalno, označbe netipiziranih jekel so tiskane kurzivno. ²) za kompaundne nože. — ³) jeklo za krogljene ležaje. — ⁴) označba železarne Jesenice. — ⁵) tipično jeklo, ki se uporablja za izdelavo ključev za vijake.

in obdrže veliko trdoto do rdečega žara, kar omogoča rezanje pri veliki hitrosti (glej BRC-3 na sl. 1). Razvoj hitroreznih jekel je v veliki meri vplival na razvoj tehnike pri mehanski obdelavi in gradnji obdelovalnih strojev.

Hitrorezno jeklo se je prvič pojavilo l. 1900 in povzročilo pravo senzacijo na svetovni razstavi. Jeklo Taylorja in Whita se je v skoraj nespremenjeni sestavi 18 % W — 4 % Cr — 1 % V ohranilo do današnjih dni kot standardno! Seveda so okrog tega osnovnega tipa razvili še številna druga hitrorezna jekla. Po različnih spremembah v razmerju med volframom in vanadijem so začeli dodajati tem jeklom do 10 % kobalta, s čimer so precej povečali obstojnost jekla proti popušcanju. Pri fini obdelavi je odločilnega pomena obstojnost proti obrabi. Na to lastnost ugodno vpliva dodatek vanadija hkrati s primernim zvečanjem deleža ogljika.

Za moderno mehansko obdelavo so bila potrebna univerzalna hitrorezna jekla z vrhunsko zmogljivostjo.

Tem zahtevam so dolga leta ustrezala kobalt-vanadijeva jekla z 12 % W — 5 % V in 5 % Co.

Iz Amerike so prišla v Evropo molibdenova hitrorezna jekla s 5 % in 9 % Mo, ki so se zaradi žilavosti zelo naglo uveljavila po vsem svetu.

V zadnjih letih v Ameriki uvajajo »super hitrorezna« jekla s trdoto do 70 HRc, evropski izdelovalci pa so že skoraj vsi uvedli novo jeklo z 10 % W — 3 % Mo — 4 % V — 10 % Co. To jeklo univerzalnega tipa za grobo in fino obdelavo z vrhunsko storilnostjo v najtežjih pogojih je postalo standardno v vseh naprednih izdelovalnih programih za hitrorezna jekla. Raziskave so pokazale, da je to jeklo po vseh lastnostih enakovredno, če ne celo boljše od mnogih super hitroreznih jekel. To najmodernejše hitrorezno jeklo uvaja tudi železarna Ravne z nazivom BRU z označbo JUS C.9783.

Posebej je treba omeniti nagel razvoj pri uporabi litih hitroreznih orodij, ki ga omogočajo moderni postopki s precizijskim litjem. Na tem področju ima

Tabela 3. Orodna jekla za delo v vročem

Legirni tip jekla	Označba jekla ¹		Sestava [%]								
	JUS CBO.002	Železarna Ravne	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Co
W-Cr-V	Č.6450	Utop-1	0,26...0,36	0,80...1,20	~ 0,4	0,95...1,25	—	3,65...4,45	—	0,10...0,30	—
	Č.6451	Utop-2	0,25...0,35	~ 0,25	~ 0,3	2,20...2,70	—	8,3...9,9	—	0,30...0,50	—
	Č.6453	Utop special	0,22...0,32	~ 0,25	~ 0,4	2,20...2,70	1,30...1,70	8,8...10,4	0,10...0,30	0,10...0,30	—
	Č.6950	Utop Co	~ 0,3	~ 0,25	~ 0,3	~ 2,5	—	~ 9	—	~ 0,3	~ 2
Cr-Mo-V	Č.4751	Utop Mo-1	0,36...0,48	0,90...1,30	~ 0,35	4,5...5,5	—	—	1,10...1,50	0,30...0,60	—
	Č.4753	Utop Mo-2	0,36...0,48	0,90...1,30	~ 0,35	4,5...5,5	—	—	1,25...1,65	0,85...1,15	—
	Č.4752	Utop-3	0,30...0,42	0,8...1,2	~ 0,5	4,5...5,5	—	1,2...1,6	1,3...1,7	0,15...0,35	—
	Č.7450	Utop Mo-5	~ 0,35	~ 1,1	~ 0,35	~ 4,7	—	—	~ 5,2	~ 0,6	—
Mo-Ni- -Cr-W	Č.7550	Utop Mo-3	0,25...0,35	~ 0,25	~ 0,45	1,6...2,0	2,55...3,15	0,9...1,3	2,5...3,0	—	dodatek Nb
Ni-Mo-Cr	Č.5740	Utop extra	0,30...0,42	~ 0,25	~ 0,6	1,20...1,60	1,65...2,15	—	0,45...0,65	0,15...0,30	—
	Č.5741	Utop extra-1	0,50...0,60	~ 0,25	~ 0,6	0,60...0,90	1,50...1,90	—	0,20...0,40	0,10...0,25	—
	Č.5742	Utop extra-2	0,50...0,60	~ 0,25	~ 0,7	0,80...1,20	1,50...1,90	—	0,40...0,60	0,10...0,25	—
avstenitno nekaljivo jeklo	Č.4550	GSE	~ 0,5	~ 1,3	~ 0,7	~ 13,5	~ 13	~ 1,3	—	~ 1,2	—
Ni-Mo	Č.5750	TMCN-1	0,26...0,36	~ 0,3	~ 0,3	0,30...0,50	4,0...5,0	—	1,1...1,5	0,10...0,30	—
	Č.5743	TMCN-2	0,23...0,33	~ 0,35	~ 0,35	0,75...1,05	1,20...1,60	—	0,25...0,45	0,15...0,35	—
	Č.5744	TMCN-3	0,42...0,52	~ 0,25	~ 0,65	0,30...0,50	1,0...1,4	—	0,15...0,35	—	—
W-Cr-V	Č.6442	OSIKRO-1	0,30...0,42	0,80...1,20	~ 0,35	0,95...1,25	—	1,80...2,20	—	dodatek	—
	Č.6443	OSIKRO-2	0,40...0,52	0,80...1,20	~ 0,3	0,95...1,25	—	1,80...2,20	—	dodatek	—
	Č.6444	OSIKRO-4	0,55...0,70	0,45...0,75	~ 0,3	0,95...1,25	—	1,90...2,30	—	dodatek	—
	Č.6445	OSIKRO-special	0,70...0,90	0,40...0,70	~ 0,4	0,95...1,25	—	1,90...2,30	—	0,20...0,40	—
Cr-W	ČL.4640	PW-100	0,80...1,00	~ 0,35	~ 0,5	1,70...2,30	—	1,00...1,40	—	—	—
Mn-Si	Č.3240	TV-4	0,39...0,49	0,90...1,25	0,90...1,25	—	—	—	—	dodatek	—
	Č.2330-K	KHS olje	0,55...0,70	1,25...1,80	0,80...1,30	max. 0,50	—	—	—	—	—

¹⁾ Označbe prednostno tipiziranih jekel so tiskane debelo. Označbe posebno tipiziranih jekel so tiskane normalno. Označbe netipiziranih jekel so tiskane kurzivno.

Tabela 4. Hitrorezna jekla

Vrsta jekla in legirna osnova	Legirni tip jekla	Označba jekla ¹		Sestava [%]						Uporabnost za obdelavo jekla		
		JUS CBO.002	Železarna RAVNE	C	Cr	W	Mo	V	Co	s trdnostjo		v najtežjih pogojih
										do 85 kp/ mm ²	nad 85 kg/ mm ²	
Normalen delež ogljika:												
W	9-1-2	Č 6883 ¹⁾	BRW-3	0,75...0,85	3,8...4,5	8,5...10,0	0,6...1,0	1,3...1,8	—	+	+	+
	12-1-2	Č 6882	BRW-2	0,80...0,90	3,8...4,7	11,5...13,5	0,6...1,0	2,1...2,6	—	+	+	+
	18-0-1	Č 6880	BRW	0,70...0,80	3,8...4,7	17,0...19,0	—	1,0...1,5	—	+	+	+
W+Co	12-1-2-3	Č 6982 ¹⁾	BRC-1	0,77...0,85	3,8...4,5	11,5...12,5	0,7...1,0	1,7...2,0	2,5...3,0	+	+	+
	12-1-2-5	Č 6981	BRC-2	0,75...0,85	3,8...4,7	11,5...13,5	0,8...1,30	1,65...2,15	4,5...5,5	+	+	+
	18-1-2-5	Č 6980	BRC	0,70...0,80	3,8...4,7	17,5...19,5	0,5...0,9	1,3...1,8	4,5...5,5	+	+	+
	18-1-2-10	Č 9782	BRC-3	0,70...0,80	3,8...4,7	17,0...19,0	0,5...0,9	1,3...1,8	9,0...10,0	+	+	+
Mo+W	2-9-1	Č 7880	BRM-1	0,77...0,87	3,4...4,3	1,5...2,0	8,0...9,2	1,0...1,5	—	+	+	+
	2-9-2	—	—	0,92...1,02	3,4...4,3	1,5...2,0	8,0...9,2	1,7...2,2	—	+	+	+
	6-5-2	Č 7680	BRM-2	0,80...0,90	3,8...4,7	6,0...7,0	4,8...5,8	1,7...2,2	—	+	+	+
Mo+W+Co	6-5-2-5	Č 9780	BRC Mo	0,77...0,87	3,8...4,7	5,8...6,8	4,8...5,8	1,7...2,2	4,5...5,5	+	+	+
Velik delež ogljika in vanadija:												
W	12-1-4	Č 6881	BRW-1	1,20...1,35	3,8...4,7	11,0...13,0	0,6...1,0	3,5...4,1	—	+	+	+
W+Co	12-1-4-5	Č 9781	BRCV	1,20...1,40	3,8...4,7	11,5...13,5	0,6...1,0	3,5...4,1	4,5...5,5	+	+	+
Mo+W+Co	10-4-3-10	Č 9783	BRU	1,15...1,30	3,8...4,7	9,5...11,5	3,3...4,1	2,9...3,5	10,0...11,0	+	+	+

Opombe: ¹⁾ Označbe prednostno tipiziranih jekel so tiskane debelo. Označbe posebno tipiziranih jekel so tiskane kurzivno.

železarna Ravne precej skušenj. Povrh litih orodij iz posebnega kromovega hitroreznega jekla ELOMAX prihajajo v poštev za litje hitrorezna jekla BRU, BRCV in BRM-2.

2. Ocenjevanje orodnih jekel

Pri izbiri orodnih jekel so največjega pomena metalurško-tehnološke lastnosti v hladnem ali vročem. Kot osnovni kriteriji za izbiro veljajo:

— trdota, trdnost, razteznost, obstojnost proti obrabi, rezalna sposobnost;

— žilavost, odpornost proti dinamičnim in udarnim obremenitvam;

— kaljivost, občutljivost pri kaljenju in dimenzijska obstojnost ter

— obstojnost proti popuščanju.

Povrh teh osnovnih lastnosti je treba upoštevati še

— obdelovalnost,

— občutljivost pri brušenju,

— toplotno prevodnost,

— občutljivost za spremembe temperature,

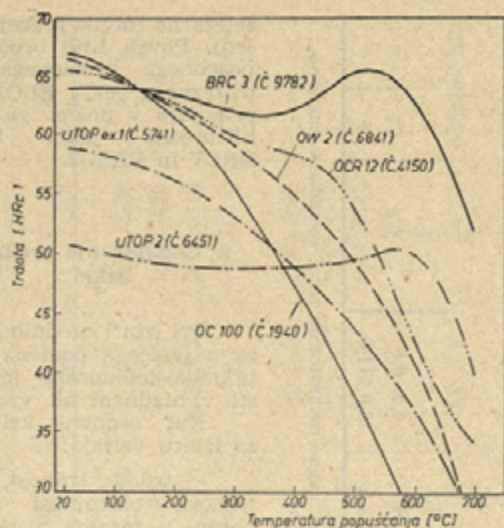
— nagnjenost k razogljčenju

ter številne druge lastnosti, ki so za posamezna orodja lahko odločilnega pomena.

Vse našete lastnosti se zdijo na prvi pogled popolnoma razumljive. Ko pa jih podrobneje obravnavamo, se stvar precej zaplete. Poglejmo si primer!

Strugarski nož mora izkazovati določeno rezalno sposobnost, najsi bo industrijski nož v lesni in papirni industriji, britvica ali kuhinjski nož itd. Rezalnost kuhinjskega noža in strugarskega noža za obdelavo jekla ali noža za vroče rezanje pločevine pa ne moremo primerjati in ocenjevati po enakih kriterijih, saj je pojem rezalnosti v tej obliki mnogo preširok.

Enak ali pa še težji je problem pri ocenjevanju ali preskušanju drugih lastnosti.



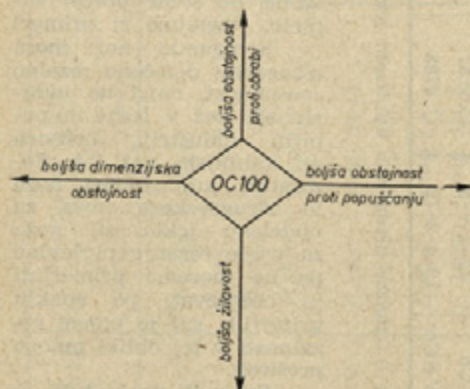
Sl. 1. Primerjava diagramov popuščanja različnih orodnih jekel

Za preskušanje posameznih vrst orodnih jekel so potrebne specialne metode, za medsebojne primerjave različnih vrst orodnih jekel med seboj pa so potrebni kriteriji v poenostavljeni obliki.

Sistematično in pregledno poznavanje osnovnih lastnosti orodnih jekel je neogibno potrebno tudi pri izbiri jekel. Oglejmo si v kratkih obrisih sistem, ki v veliki meri olajšuje pregled in obvladanje celotnega področja orodnih jekel. Za ključ sistema izberimo standardno ogljikovo orodno jeklo OC-100 z 1 % C, ki je najbolj znano. Pri izbiri orodnih jekel po tem sistemu naj bi vedno izhajali od tega jekla. Če nam le ustreza po lastnostih, naj bi ga tudi uporabljali! Če ga ne uporabimo, si moramo odgovoriti na vprašanje, zakaj ne. V malo poenostavljeni obliki so na to vprašanje samo štirje odgovori, če upoštevamo prej našete osnovne lastnosti:

- 1) zaradi premajhne obstojnosti proti obrabi,
- 2) zaradi premajhne žilavosti,
- 3) zaradi prevelike občutljivosti in prevelikih deformacij pri kaljenju,
- 4) zaradi premajhne obstojnosti proti popuščanju.

Zamislimo si shemo, v kateri je pokazana v smeri navzgor izboljšana obstojnost proti obrabi, navzdol izboljšana žilavost, v desno povečana obstojnost proti popuščanju in v levo manjša deformacija in manjša občutljivost pri kaljenju (sl. 2).



Sl. 2. Ključ sistema za vezana orodna jekla

V celotnem sistemu, t. i. »vezanih orodnih jekel« (sl. 3) je v smeri navzgor skupina jekel OW, navzdol OSIKRO, v desno so jekla za delo v vročem in v levo znana dimenzijsko obstojna jekla.

Pogostoma so potrebne kombinacije posameznih lastnosti. Pri hitroreznih jeklih npr. sta potrebni velika obstojnost proti obrabi in velika trdota, hkrati pa tudi obstojnost proti popuščanju zaradi ogrevanja rezila. Tako jeklo bomo iskali v shemi zgoraj desno od OC-100. Jeklo z veliko žilavostjo in obstojnostjo proti popuščanju bo treba iskati spodaj desno od OC-100. Enako bomo zgoraj levo našli dimenzijsko obstojna jekla odporna proti obrabi, spodaj levo pa dimenzijsko obstojna žilava jekla.

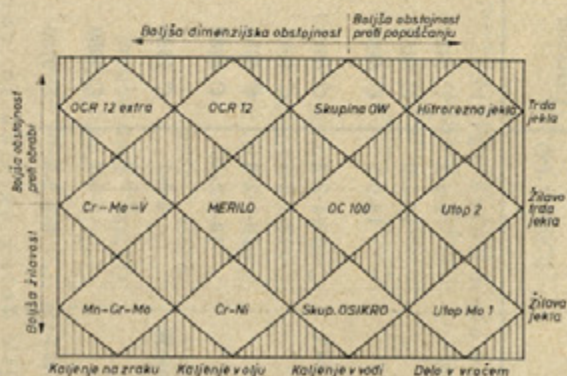
Podobno se lahko razgledamo z relativnimi primerjavami tudi v okviru vsake posamezne skupine jekel.

Brž opazimo, da so bila v tem sistemu jekla hkrati razporejena v pravilne in logično povezane skupine. Po navpičnicah so razvrščena jekla za kaljenje v vodi, v olju in na zraku ter proti popuščanju obstojna jekla, v vodoravni razporeditvi pa trda, žilava trda in žilava jekla. Če je kvaliteta teh jekel enakomerna, lastnosti v določenih mejah zajamčene, ter zastopniki posameznih skupin izbrani res pravilno, lahko orodjarna z 12 vrstami orodnih jekel zadovoljuje vse normalne potrebe. V okviru tako izbranega asortimaja uporabniku za pravilno izbiro jekla sploh ne bi bilo potrebno poznati tovarniških označb posameznih jekel, ampak le koordinate lege jekla glede na zaželeno lastnosti. Če potrebujemo žilavo in proti popuščanju obstojno orodje, ga bomo izdelali iz jekla UTOP Mo-1. Če pa je potrebno trdo in proti obrabi obstojno orodje, ki se pri kaljenju ne sme deformirati, ga bomo izdelali iz jekla OCR-12 ali OCR-12 extra.

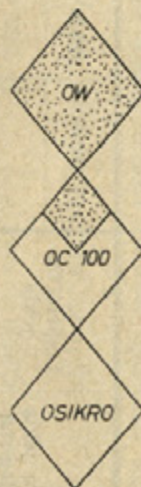
Pri našem izdelovanju za zdaj še ni mogoče uporabljati takega sistema v izvorni zamisli in po celotni vrednosti, dokler ne bo mogoče zagotoviti lastnosti posameznih jekel v določenih mejah. Če izdelano jeklo po lastnostih ne pokriva celotnega področja, nastajajo v sistemu vrzeli med sosednjimi jekli in sistem ni več »vezan« (sl. 4). Potrebne so dodatne vrste jekel. Vendar ta sistem lahko uporabljamo za orientacijo pri izbiri in še bolj za kritično oceno sedanjih razmer v naši izdelavi ter porabi orodnih jekel.

Zelezarna Ravne je na zahtevo odjemalcev dosedaj redno in izredno izdelovala npr.:

- 14 vrst ogljikovih orodnih jekel,
- 17 vrst hitroreznih jekel,
- 13 vrst raznih jekel za delo v vročem itd.



Sl. 3. Sistem vezanih orodnih jekel



Slika 4

Z izdelovalnim programom, ki je doslej obsegal 80 vrst orodnih jekel, pa ne more zadovoljevati niti tistih potreb, ki bi jih ob sistematično razvitem programu vezanih orodnih jekel obvladali z 12 jekli.

Asortima naših orodnih jekel je res pretirano širok in tudi neuravnotežen. Spričo velikega števila jekel na zgornjem desnem področju opisanega sistema nimamo prav nobenega zastopnika žilavih dimenzijsko obstojnih jekel v spodnjem levem delu sistema. Ker se je izdelovalni program razvijal po zahtevah tržišča, daje tak pregled hkrati tudi mračno sliko sedanje situacije pri naši porabi orodnih jekel ozir. pri izdelavi orodij, posebno še, če upoštevamo veliko število uvoženih vrst. Nemogoče je tolikšen asortima kvalitetno obvladati in ekonomsko izkoristiti. Zato ga je potrebno s postopno tipizacijo porabe in izdelave skržiti, izbiro in nadaljnji razvoj izdelave tipiziranih jekel pa strokovno usmerjati.

Potrebo po taki tipizaciji jekel so najprej občutila in razumela podjetja v Sloveniji. Akcija za tipizacijo se je nato po dobrem zgledu širila v druge republike in je tik pred koncem prve faze. V tej prvi fazi so porabniki in izdelovalci soglasno izbrali za tipizirana tista jekla in tiste dimenzije, ki so največ v rabi. Tak korak je, čeprav še nepopoln, za naš razvoj ogromnega pomena, saj gre za poenotenje, ki mora pokazati tudi ekonomski učinek.

S tem pa tipizacija orodnih jekel še ne bo pri kraju. Naloga izdelovalca orodnih jekel, predvsem železarne Ravne je, da skupno s koristmi za porabnike ta tipizirani asortima jekel naprej strokovno razvija, kvalitetno izboljšuje in modernizira. Zavedati se je treba, da so posamezne vrste jekel v tipiziranem asortimaju izbrane zato, ker so največ v rabi. Ni neogibno potrebno, da so ta jekla celo v okviru obstoječega izdelavnega programa najboljša. Nekatera so stara več desetletij, nekatera bodo doživela tudi stoletnico. Ali naj jih zato, ker so v dani situaciji po dogovoru izbrana med prednostno tipizirane vrste, uporabljamo še sto let, čeprav ima napredni svet morda že mnogo boljše? Odgovor ni potreben, pač pa je odvisen od sistematičnega raziskovalnega dela in tesnega sodelovanja med izdelovalci in porabniki, ki je prav na področju orodnih jekel bolj potrebno kakor kjerkoli.

Sedanje stanje in dosedanji razvoj nalagata program najnужnejših raziskav.

S sistematičnim preskušanjem je treba preveriti, če so tipizirana jekla res izbrana pravilno. Izbira nekaterih jekel je lahko tudi posledica dosedanje nepravilne izbire in uporabe. Izboljševati je treba najprej enakomernost in popravljati povprečno kvaliteto raven naših jekel. Rezultati tega dela bodo sami narekovali potrebe po nadaljnjem razvijanju in sestavljanju potrebno osnovo za naslednje raziskave.

Železarna Ravne se te naloge dobro zaveda. V naše raziskovalno in predvsem razvojno delo uvajamo moderne metode in način skupinskega dela med specializiranimi strokovnjaki. Raziskovalno dejavnost smo razdelili na medsebojno povezana osnovna področja, delo na njih pa opravljajo raziskovalne skupine.

Tako obsega npr. osnovno področje tehnoloških izdelavnih enot raziskovalne skupine, ki se ukvarjajo s problematiko jeklarne, kovačnice, valjarne, mehanske obdelave in drugih obratov. Drugo osnovno področje se nanaša na raziskave o problematiki orodnih, konstrukcijskih in posebnih jekel, surovin itd. Posebne raziskovalne skupine so namenjene za delo na področju projektov in analiz o tehnoloških postopkih, sistemov kontrole, statistično operativnih nalog z uvajanjem statističnih metod in uporabe računalnikov v raziskavah in sprotni izdelavi. Podobno so razdeljena druga osnovna področja. Po potrebi v različnih kombinacijah med seboj povezujemo raziskovalne skupine osnovnih področij. Jasno je, da za take potrebe pri sedanjih razmerah ne zadoščajo samo strokovnjaki raziskovalnega oddelka, enako pri nas nikakor ne moremo po-

vsem ločiti raziskav od izdelave. Zato v raziskovalno delo posameznih skupin vključujemo vse strokovnjake, ki so strokovno sposobni ali specializirani za delo na določenem področju, hkrati pa v te skupine za določene dele nalog pritegujemo tudi zunanje, sodelavce oziroma strokovno-znanstvene inštitute.

Pri modernem raziskovalnem delu imajo statistične metode pri kontroli kvalitete in statistično planiranih raziskavah skupno z uporabo elektronskih računalnikov ogromen pomen.

Izdelki naše industrije večkrat ne dosegaajo zadovoljive povprečne kvalitete. Take glasove slišimo vsak dan. Mnogo manj je govor o neenakomernosti in nezanesljivosti kvalitete, ki pa pomeni mnogo bolj pereč problem. Če je kvaliteta neenakomerna, dobro povprečje ne prinaša koristi. Ob enakomerni kvaliteti, za katere nihanje lahko jamčimo v določenih mejah, se lahko povprečni kvalitetni ravni prilagajamo in računamo z njo.

Izboljšati kvaliteto in hkrati tudi njeno enakomernost je težavno. Najprej je treba spoznati lastno izdelovanje z vsemi karakteristikami in odkrivati ter preprečevati vzroke za nenormalna nihanja v kvaliteti. Če to delo opravljamo pravilno, se hkrati že kopičijo informacije, ki so neogibno potrebne za izboljšanje povprečne ravni v kvaliteti.

Brez oklevanja lahko trdimo, da teh nalog ni mogoče uspešno opravljati, če zanemarjamo statistične metode in sistematično delo.

Za ugotavljanje stanja enakomernosti ter povprečnih lastnosti ni boljših in učinkovitejših metod kakor so statistične kontrolne karte in analize porazdelitev.

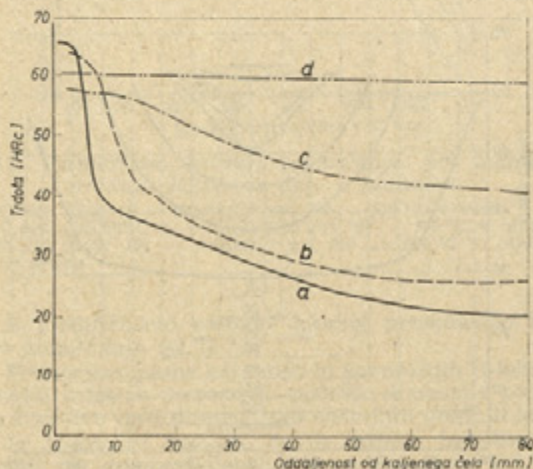
Pri izboljševanju enakomernosti je neogibno potrebno spoznavanje medsebojnih odnosov, za kar so potrebne statistične analize trendov, regresij, korelacij in primerjav serij z analizami variance.

Učinkovitost industrijskega in laboratorijskega eksperimentiranja omogočajo statistično planirane raziskave s posebej prirejenimi metodami.

Pri vseh raziskovalnih delih je treba statistično preverjati zanesljivost rezultatov in ugotavljati napake z določeno statistično zanesljivostjo.

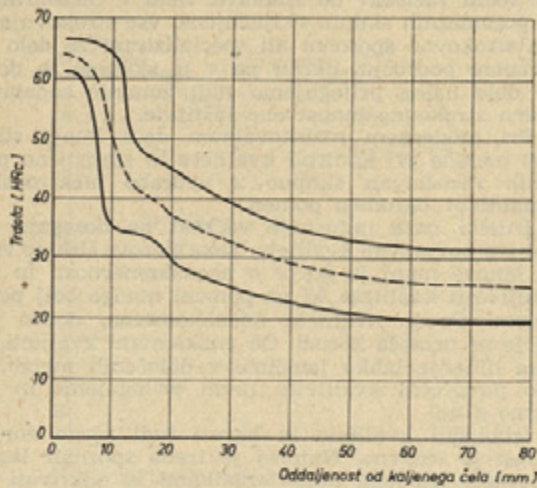
Pri izboljšanju ekonomičnosti in izkoriščanju kapacitet se ponuja zelo učinkovito orodje z metodami linearnega programiranja.

Vse te sodobne in zdaj več ko neogibno potrebne metode dela so vezane na uporabo elektronskih računalnikov. Na srečo imamo tako možnost, saj je v jugoslovanskih podjetjih in znanstvenih ustanovah na raz-

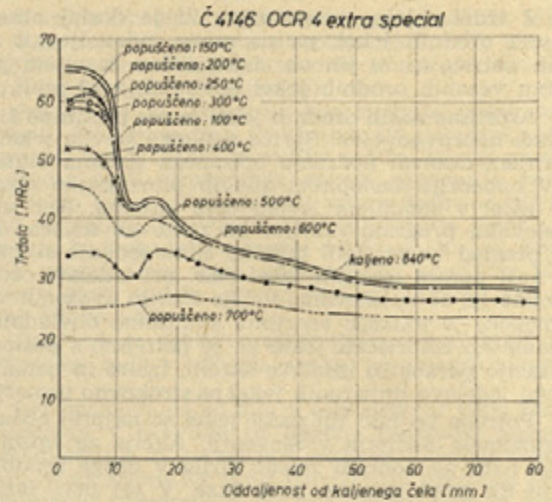


Sl. 5. Primerjava krivulj po Jominyjevem preskusu za različne vrste orodnih jekel

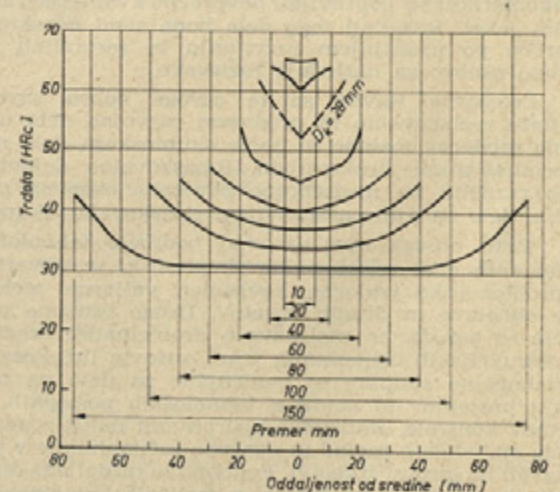
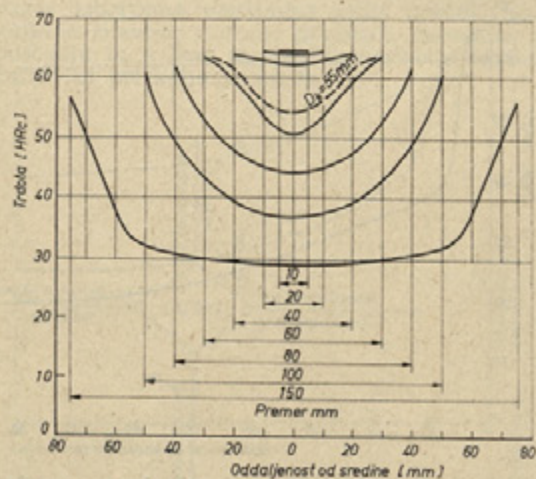
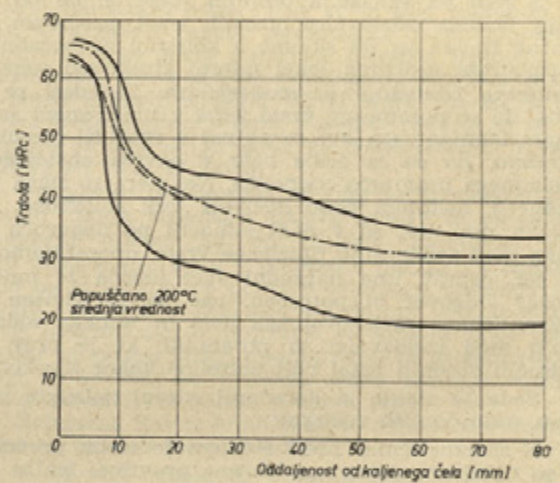
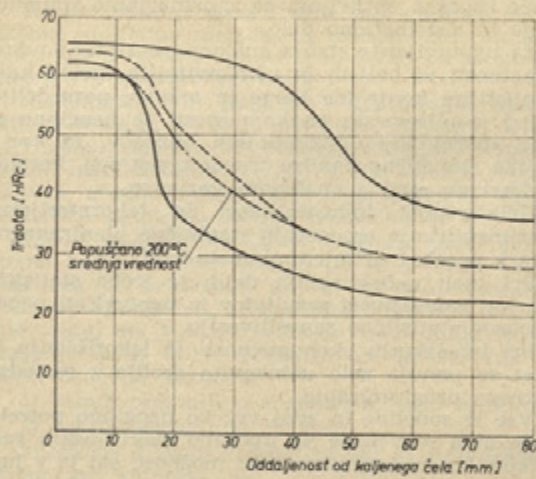
- C.5841 — OW 2, kaljeno pri 800 °C;
- C.4146 — OCR 4 ex. spec., kaljeno pri 840 °C;
- C.6443 — OSIKRO 2, kaljeno pri 920 °C;
- C.5742 — Utop extra 2, kaljeno pri 830 °C.



Sl. 6. Pas garantirane kaljivosti jekla Č.4145-K (OCR 4 extra-K) in Č.4146-K (OCR 4 extra special-K) po 649 preskušeniš šaržah



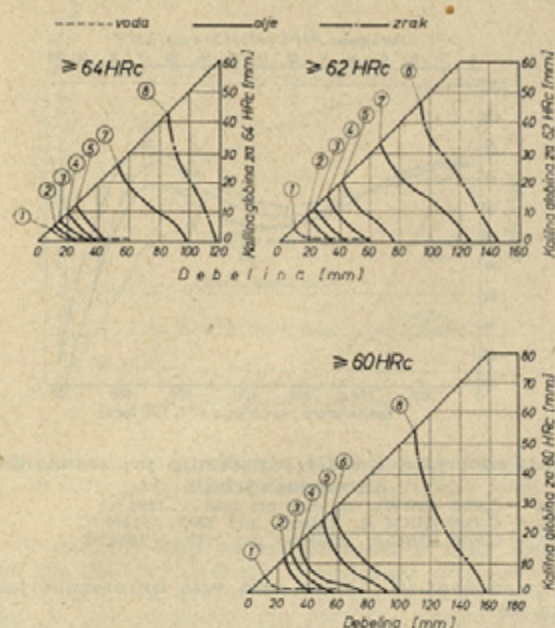
Sl. 7. Vpliv temperature popuščanja na krivuljo Jominy za jeklo Č.4146 (OCR 4 extra special)



a) Jeklo Č.3840 (Merilo)
Zarjenje pri 720 °C, kaljenje pri 800 °C v olju, popuščanje pri 200 °C (ASTM: 8...10)

b) Jeklo Č.4840 (Merilo special)
Zarjenje pri 780 °C, kaljenje pri 860 °C v olju, popuščanje pri 200 °C (ASTM: 7...9)

Sl. 8. Primerjava pasov kaljivosti in povprečnih U-krivulj o poteku trdot po prerezu



Sl. 9. Primerjava kaljivosti orodnih jekel za delo v hladnem

- | | |
|-------------------------|------------------|
| 1 — OC 100 | 5 — Merilo extra |
| 2 — Merilo special | 6 — OSIKRO 4 |
| 3 — OCR 4 extra special | 7 — OCR 12 |
| 4 — Merilo | 8 — OCR 12 extra |

polago več računalnikov, kakor smo jih za zdaj sposobni izkoriščati.

Za osnovno orientacijo raziskovalnega dela pri tipizaciji in razvoju orodnih jekel smo izbrali opisano načelo vezanih orodnih jekel. Osnova vsega nadaljnega razvoja in pravnega sistema tipizacije je osvojitve metodičnega preskušanja lastnosti orodnih jekel ter načina vrednotenja in enotnega prikazovanja rezultatov raziskav v taki obliki, da so vselej možne neposredne medsebojne primerjave.

Oglejmo si samo nekaj primerov!

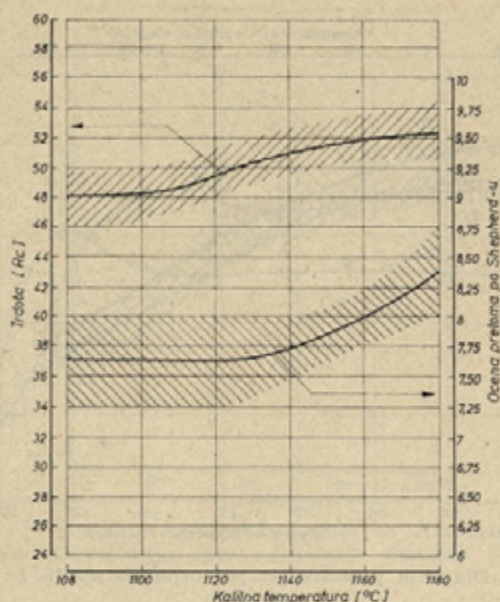
Kaljivost je ena od osnovnih lastnosti orodnih jekel.

Za preskušanje kaljivosti nekaterih orodnih jekel smo izbrali znani Jominyjev preskus, kar je do neke mere novost na področju orodnih jekel.

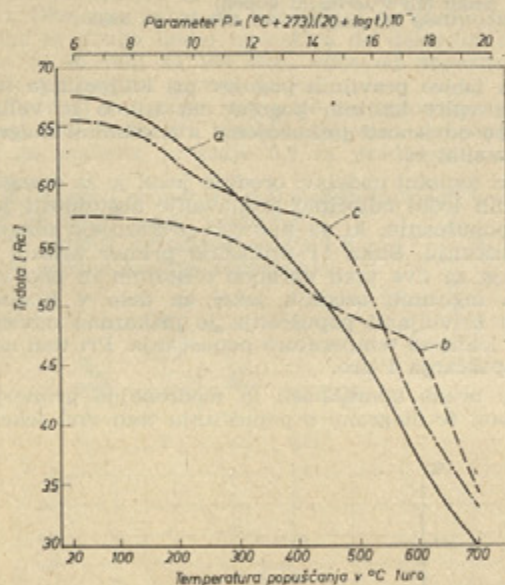
Slika 5 prikazuje Jominyjeve krivulje nekaterih tipičnih legiranih orodnih jekel za hladno in vroče delo. Potek krivulj kaže, da ta standardna metoda ni primerna za plitko kaljiva orodna jekla, pri katerih krivulja v začetnem delu zelo strmo pada (npr. OW-2). To zmanjšuje natančnost merjenj prav v najpomembnejšem področju. Prav tako ta metoda nima prave vrednosti pri močno kaljivih jeklih s skoraj vodoravno krivuljo (npr. Utop-extra-2). Za ti dve vrsti jekel so na poti druge specialne metode. Prav uspešno se uporablja metoda Jominy zaradi odlične selektivne sposobnosti pri srednje kaljivih orodnih jeklih za delo v hladnem.

S preskusom Jominy kontroliramo in prikazujemo tudi enakomernost kaljivosti in obliki pasov zajamčene kaljivosti. Meje teh pasov so določene s pomočjo statistične analize porazdelitev po 95 % statistični zanesljivosti.

Slika 6 prikazuje primer takega pasu za jeklo OCR-4 po 649 preskušanih žaržah, izdelanih v 5- in 12-tonski elektro peči.



Sl. 10. Vpliv kalilne temperature na trdoto in zrnatost preloma pri jeklu Č.6451 (Utop 2) — (kaljenje v olju)



Sl. 11. Primerjava krivulj popuščenja pri legiranih orodnih jeklih za delo v hladnem

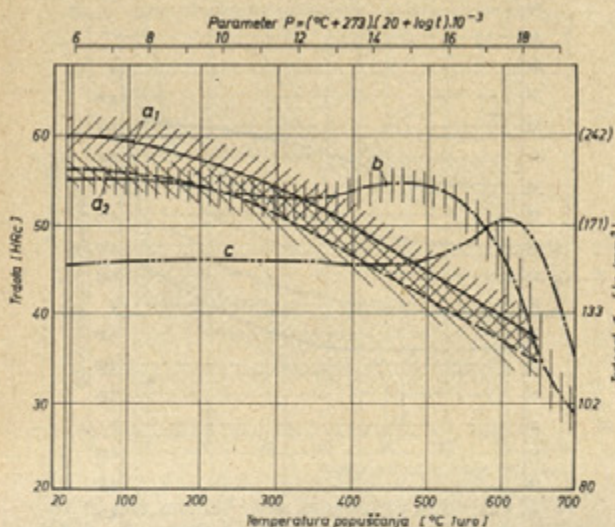
- a — C.6840 (OW 1) — (kaljenje pri 780...810 °C v vodi)
 b — C.6443 (OSIKRO 2) — (kaljenje pri 890...930 °C v olju)
 c — C.4150 (OCR 12) — (kaljenje pri 950...1000 °C v olju ali na zraku)

Z modificirano metodo Jominy preskušamo tudi vpliv popuščenja (sl. 7).

Primerjavo pasov kaljivosti in povprečnih U-krivulj o poteku trdot po prerezu za različne dimenzije podaja slika 8 za dve vrsti dimenzijsko obstojnih orodnih jekel.

Iz U-krivulj vidimo, da je trdota, kakršno na površini pri določeni debelini kosa dosežemo pri kaljenju v istem kalilnem sredstvu, močno odvisna od kaljivosti jekla.

Kalilna globina je močno odvisna od premera kosa in kalilnega sredstva. Te odvisnosti zelo pregledno podajajo trikotni diagrami (slika 9) za različne kriterije trdot.



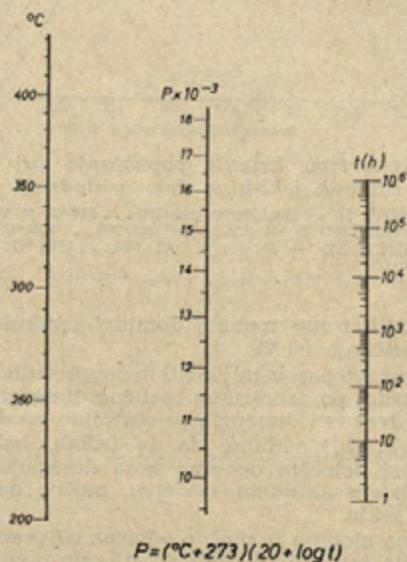
Sl. 12. Diagram popuščenja pri orodnih jeklih za delo v vročem

- a — C.5742 (Utop extra 2)
 a₁ — kaljeno pri 830...870 °C v olju
 a₂ — kaljeno pri 860...900 °C na zraku
 b — C.4751 (Utop Mo 1), kaljeno pri 1000...1030 °C v olju ali na zraku (ali v termalni kopeli)
 c — C.6451 (Utop 2), kaljeno pri 1150 °C na zraku

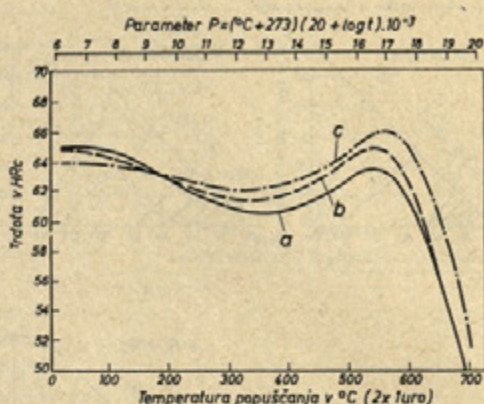
Za izbiro pravih pogojev pri kaljenju je treba poznati vpliv kalilnih pogojev na trdoto in velikost zrna. Te odvisnosti prikazujemo s posebnimi diagrami npr. na sliki 10.

Pri toplotni obdelavi orodnih jekel je za doseganje zaželenih trdot odločilno poznavanje obstojnosti jekla proti popuščenju, ki jo nazorno prikazujejo diagrami o popuščenju. Slika 11 prikazuje primer krivulj popuščenja za dve vrsti obrabno obstojnih in eno vrsto žilavih legiranih orodnih jekel za delo v hladnem. S temi krivuljami popuščenja je prikazana odvisnost trdote jekla od temperature popuščenja. Pri tem znaša čas popuščenja 1 uro.

Za oceno uporabnosti in medsebojne primerjave so podani še diagrami o popuščenju treh vrst jekel za



Sl. 14. Nomogram za določanje parametra P v temperaturnem območju 200...430 °C



Sl. 13. Primerjave krivulj popuščenja pri standardnih hitroreznih jeklih

- a — C.6880 (BRW), kaljeno pri 1250...1290 °C
 b — C.7680 (BRM 2), kaljeno pri 1200...1240 °C
 c — C.9782 (BRC 3), kaljeno pri 1270...1300 °C

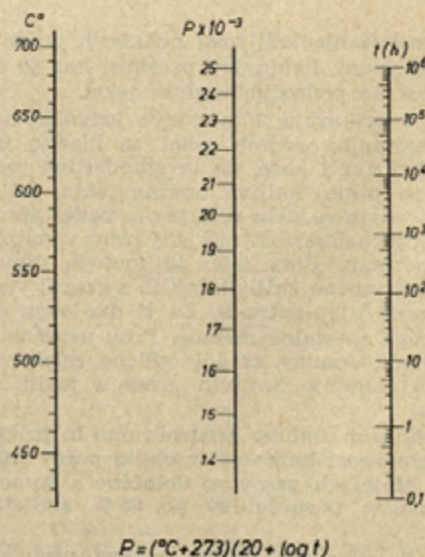
delo v vročem (sl. 12) in treh vrst hitroreznih jekel (slika 13).

Iz teh diagramov so dobro razvidne karakteristične razlike, ki so skupno z drugimi lastnostmi odločilne glede območja uporabnosti posameznih vrst jekel.

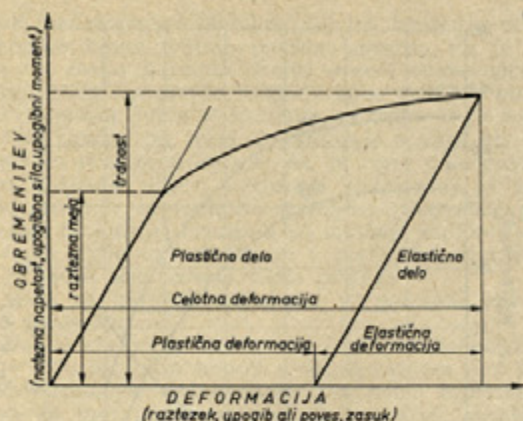
S pomočjo parametra $P = (\text{°C} + 273) / (C + \log t)$ je mogoče upoštevati hkratni vpliv temperature in časa pri popuščenju. Čedalje bolj se uveljavljajo t. i. »glavne krivulje popuščenja«, ki podajajo odvisnost trdote samo od parametra P. Medsebojne odnose temperature, časa in ustrežajočih vrednosti parametra P podajajo nomogrami na slikah 14 in 15.

Če doseže jeklo npr. s popuščenjem 1 uro pri 500 °C trdoto 55 HRC, lahko ugotovimo iz nomograma na sliki 15 s povezavo 1h in 500 °C, da doseže omenjeno trdoto pri vrednosti parametra $P = 15,5$. To trdoto ima jeklo pri vseh kombinacijah temperature in časa, ki dajejo enako vrednost parametra. Tako lahko pričakujemo, da se trdota npr. pri ogrevanju 100 ur ne zmanjša pod 55 HRC, če temperatura ne bo višja od 430 °C. Take informacije so zelo pomembne predvsem pri orodjih, ki delajo pri zvišanih temperaturah.

Pri preskušanju mehanskih lastnosti orodnih jekel je največjega pomena žilavost.



Sl. 15. Nomogram za določanje parametra P v temperaturnem območju 420...710 °C



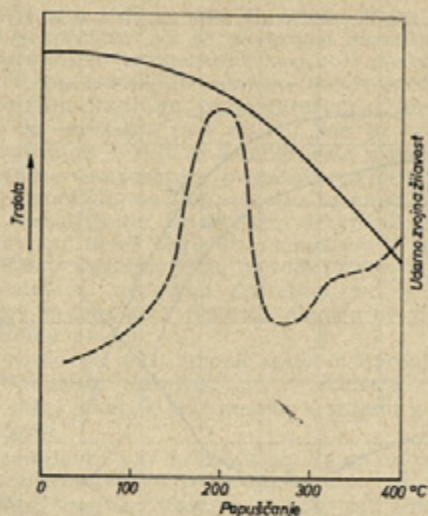
Sl. 16. Shema za ovrednotenje diagramov obremenitve in deformacije pri preskušanju orodnih jekel

V zadnjih letih se za preskušanje trdih orodnih jekel za delo v hladnem uporabljajo predvsem statični upogibni in statični zvojni preskusi. Pri teh metodah je delo v plastičnem območju merilo žilavosti, hkrati pa se ovrednoti še delo v elastičnem območju (sl. 16) za dodatno informacijo o lastnostih jekla.

Statične metode preskušanja dajejo tako več podatkov in zanesljivejše rezultate od dinamičnih metod.

Posebno pri nelegiranih orodnih jeklih spoznamo zelo pomembne karakteristike žilavosti od temperatur popuščanja prav z dinamičnim udarno-zvojnimi preskusom (sl. 17). S pomočjo takih diagramov iščemo način toplotne obdelave za doseg optimalne kombinacije trdote in žilavosti orodja.

Pri jeklih za delo v vročem daje dobre informacije o žilavosti tudi normalni udarni preskus žilavosti ob zarezi v vročem. Ta podaja delovno žilavost pri posameznih temperaturah in natanko omejuje temperaturno območje o uporabnosti jekla. Za ilustracijo so



Sl. 17. Primerjava sprememb trdote in žilavosti pod vplivom popuščanja (pri ogljikovih orodnih jeklih)

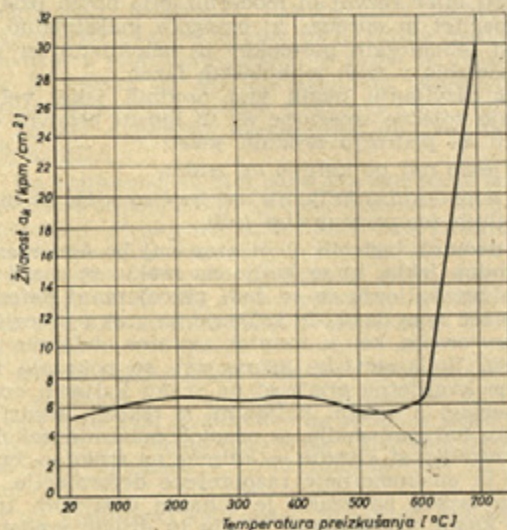
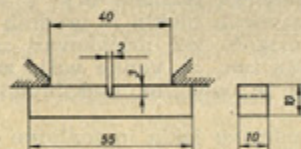
na slikah 18 in 19 podane žilavosti v vročem dveh vrst orodnih jekel za delo v vročem.

Prvo jeklo je udarno žilavo (Utop extra), drugo pa predvsem obrabno in obstojno pri popuščanju (Utop Mo 1). Obe vrsti jekel sta poboljšani na enako trdnost, vendar se drugo lahko uporablja do delovnih temperatur, ki so vsaj za 100 stop. višje od dopustnih delovnih temperatur prvega jekla.

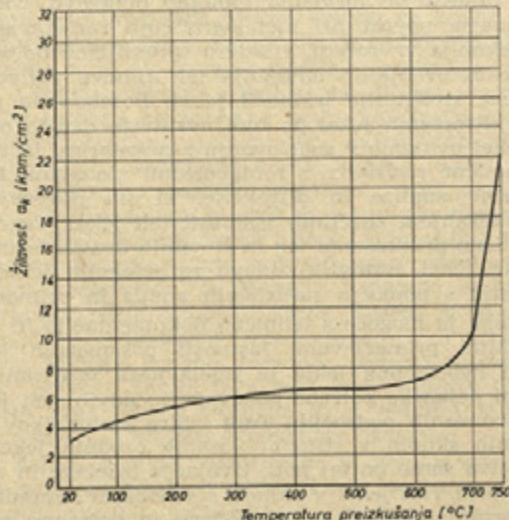
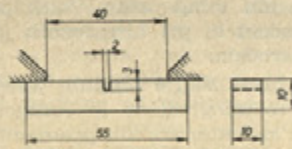
Trdnost v vročem sama še ne omogoča sodbe o sposobnosti jekla pri visokih delovnih temperaturah. Večjega pomena je meja 0,2 in predvsem razmerje $\sigma_{0,2}/\sigma_m$.

Za osnovo primerjav mehanskih lastnosti v vročem (sliki 20 in 21) lahko izbiramo:

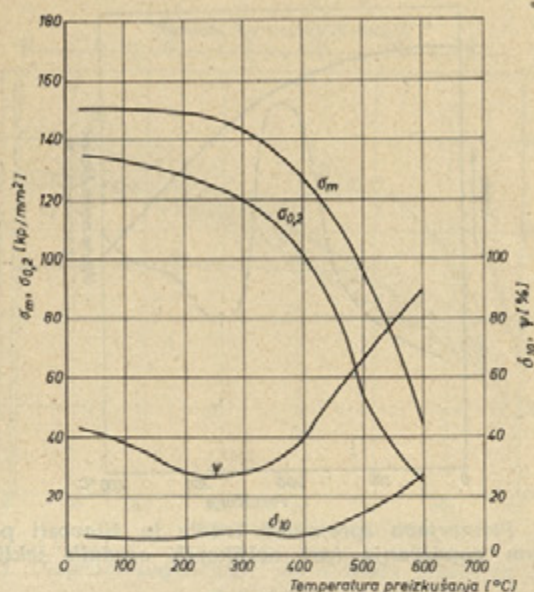
- trdnost vgraditve orodja ali
- enotne pogoje popuščanja.



Sl. 18. Žilavost v vročem za jeklo Č.5740 (Utop extra) (Srednje vrednosti 5 šarž s 5 ponovitvami, preskušanci poboljšani na 140 ... 150 kp/mm².)



Sl. 19. Žilavost v vročem za jeklo Č.4751 (Utop Mo 1) (Srednje vrednosti 3 šarž, preskušanci poboljšani na 140 ... 150 kp/mm².)



Sl. 20. Mehanske lastnosti v vročem za jeklo Č.5742 (Utop extra 2)

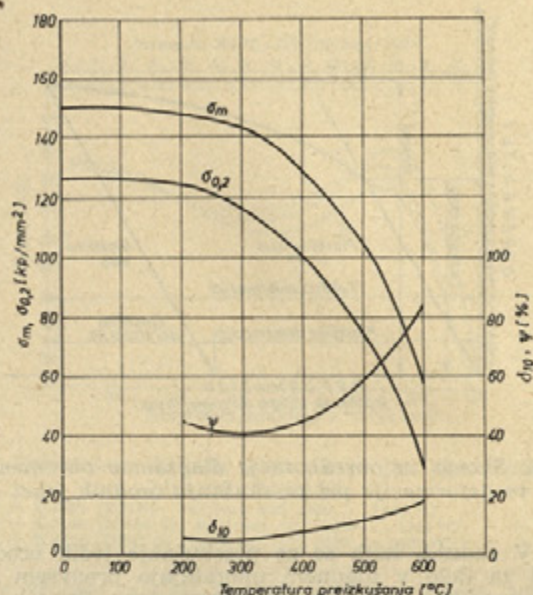
Kaljeno pri 850 °C v olju, popuščano 1 h pri 470 °C, poboľjšano na 150 kp/mm².

Raztezek in kontrakcija pri raztržnem poskusu v vročem dajeta možnost za pomembne sklepe, predvsem o odporu proti plastičnemu preoblikovanju pri uporabi.

S posebnimi metodami preskušamo še *dimenzijsko obstojnost, obstojnost proti obrabi, rezalno sposobnost* in druge lastnosti različnih vrst orodnih jekel. Zlasti problematično, a zelo pomembno je preskušanje *toplotne prevodnosti* in nekaterih lastnosti, ki so z njo v zvezi, tako npr. *toplotno utrujanje in občutljivost za pokanje* zaradi hitrih sprememb temperatur. Velik pomen pri jeklih za delo v vročem in pri hitroreznih jeklih ima merjenje *trdotne v vročem*.

V sistematično preskušanje orodnih jekel spadajo tudi dilatometrične, metalografične in rentgenske preiskave ter določanje karakterističnih premembnih točk, ki so osnova za normalno toplotno obdelavo. Najpomembnejša novost pri metalografičnih raziskavah je mikroskopija v vročem, s katero spremljamo določene režime ogrevanja in ohlajanja ter njihove vplive na dosežene strukturne lastnosti jekel. Posebno na področju hitroreznih jekel pa tudi nekaterih drugih orodnih jekel uvajamo v sodelovanju z nekaterimi inštituti sistematične raziskave z rentgenskimi metodami fluorescenčne analize in difrakcije, ki jih povezujemo s preskušanjem značilnih lastnosti teh jekel. Tako sistematično preskušanje teh in številnih drugih lastnosti orodnih jekel sestavlja osnovo za selekcijo jekel po lastnostih s pomočjo statističnih analiz in primerjav.

Tako je mogoče s tehnično dokumentacijo in vsestranskimi primerjavami lastnosti posameznih jekel izločiti nepotrebna jekla iz izdelavnega programa in dognati dejanske potrebe po uvajanju novih vrst jekel na posameznih področjih. Tudi izbira zastopnikov posameznih skupin v sistemu vezanih orodnih jekel je dosegljiva samo po tej poti. Uvajanje izdelave in uporabe novih vrst jekel v skladu s sodobnim napredkom posameznih področij je upravičeno in potrebno samo takrat, če primerjave na zanesljivi primerjalni osnovi statistično pokažejo pomembno izboljšanje v kakršnemkoli pogledu.



Sl. 21. Mehanske lastnosti v vročem za jeklo Č.4751 (Utop Mo 1)

Kaljeno pri 1000 °C v olju, popuščano pri 500 °C, poboľjšano na 150 kp/mm².

Najnovejše smeri pri razvijanju modernih orodnih jekel

Moderna tehnika obdelave vseh vrst teži za orodji z vedno večjimi dimenzijami in vedno boljšimi kвалitetami v najširšem pomenu besede. Dimenzije orodij so izredno velike predvsem na področju jekel za delo v vročem. Pri gigantskih orodjih se pojavljajo zmeraj novi problemi glede kvalitete. Spričo teh zahtev so se neogibno razvili novi moderni jeklarski postopki, od katerih je prav posebnega pomena litje v vakuumu, brez katerega pri največjih blokih iz orodnih jekel za delo v vročem ni mogoče več pričakovati zanesljive kvalitete. Enako velja npr. za velike valje za hladno valjanje, pri katerih je odločilna maksimalna čistost jekla.

Na področju predelave jekla in toplotne obdelave je opaziti hiter razvoj in modernizacijo novih izdelavnih kapacitet in opreme, ki omogoča maksimalno natančnost tehnoloških postopkov in učinkovito ter precizno kontrolo v vseh tehnoloških fazah.

Pri razvijanju novih vrst orodnih jekel veljajo naslednje splošne smernice, ki so hkrati osnovni cilji raziskav na področju orodnih jekel:

- 1) jeklo naj bo kaljivo na zraku,
 - 2) temperatura kaljenja naj bo čim nižja in interval kalilnih temperatur čim širši,
 - 3) dodatek legirnih elementov naj bo čim manjši.
- Orodna jekla, ki se kalijo na zraku, so manj občutljiva pri kaljenju in se tudi precej manj deformirajo. Razen tega omogoča kaljenje na zraku precejšnjo pocenitev orodja, ker je nasploh toplotna obdelava preprostejša. Velikoserijske primerjave so pokazale tudi nesporno kvalitetno prednost na zraku kaljenih orodij v primerjavi z orodji, kaljenimi v tekočih sredstvih. Na zraku kaljena orodja so nasploh pokazala nekoliko večjo vzdržljivost. Orodja — kaljena na zraku — imajo manjše in enakomernejše razporejene deformacije. Pri kaljenju orodij na zraku je nihanje doseženih trdot manjše kakor pri kaljenju v olju in drugih sredstvih. Zaostale napetosti po kaljenju so manjše zaradi manjših razlik ohlajevalnih hitrosti po prerezu orodij. Prav te napetosti pa pomenijo veliko nevarnost za pojav

razpok med toplotno obdelavo ali pri brušenju orodja. Nedvomno lahko trdimo povsem splošno, da je kvaliteta na zraku kaljenih orodij precej enakomernejša in zagotavlja doseganje karakteristik z ožjim območjem razsipanja. Jekla za kaljenje na zraku so po navadi nekoliko dražja od jekel za kaljenje v olju ali vodi, vendar so analize pokazale, da je cena določenih, na zraku kaljenih orodij večinoma nižja, saj je odveč precej stroškov za toplotno obdelavo, povprečno pa je potrebno tudi manj brušenja po končani toplotni obdelavi in še količina izmečka je v povprečju manjša.

Iz vsega tega izhaja jasno pravilo:

jekla za kaljenje na zraku je potrebno res tudi kaliti na zraku!

Vsa jekla za kaljenje na zraku se lahko kalijo tudi v olju ali solni kopeli z zadrževanjem nad točko M_s do izenačitve temperature. Tak način toplotne obdelave se tudi pogostoma izvaja v praksi, vendar je prav to zelo napačno, ker se pri tem skoraj vse osnovne prednosti jekla za kaljenje na zraku pretvarjajo v slabe strani. Pri vseh skupinah legiranih orodnih jekel imamo na razpolago jekla za kaljenje na zraku. Slaba stran standardnih jekel za kaljenje na zraku pa je razmeroma visoka temperatura kaljenja in ozko območje kalilnih temperatur. To povzroča nekaj težav, posebno v primerjavi z jekli za kaljenje v olju ali vodi, ki se kalijo pri znatno nižjih temperaturah pod 870°C . Ta na zraku kaljiva jekla potrebujejo torej posebne peči

za temperature $1000 \dots 1100^\circ\text{C}$. Druga slaba stran teh visokih temperatur pa je nevarnost razogljčenja, ki se z zviševanjem temperature vse bolj povečuje. Zato je upravičena težnja pri razvoju novih orodnih jekel k čim nižjim kalilnim temperaturam s širokim območjem po možnosti pod 870°C , kar je bolj ekonomično, varnejše in tudi enakomernejše z vseh vidikov. Nižje kalilne temperature prinašajo povečanje ekonomičnosti, zmanjšujejo deformacije in zmanjšujejo nevarnost razogljčenja. Če hočemo držati za jeklo nizko ceno, naj bo delež legiranih elementov v njem čim manjši. Manj legirana jekla so tudi primernejša za vse vrste obdelave, neogibno potrebna pa je natančna uskladitev posameznih legiranih elementov med seboj, kar ni lahka naloga.

Ne samo pri nas, ampak sploh v Evropi te smeri razvoja nekoliko zanemarjajo, v Ameriki pa imajo že celo vrsto jekel, ki so povsem v skladu z naštetimi tremi pogoji.

V celotnem tem pregledu je samo nakazana obširna problematika na področju orodnih jekel.

Čakajo nas še obsežne naloge, saj smo šele na začetku te dolge in koristne poti. Prav od tega začetka pa sta odvisna pravilnost razvoja in uspeh prizadevanj za splošen napredek.

Avtorjev naslov: dipl. ing. Jože Rodič,
železarna Ravne,
Ravne na Koroskem

POROČILA

Osma mednarodna konferenca o obdelovalnosti in obdelovalnih strojih

Manchester 12.—15. 9. 1967.

Med 12. in 15. septembrom je bila v Manchestru (Vel. Britanija) VIII. mednarodna konferenca o obdelovalnosti in obdelovalnih strojih, ki jo vsako leto prirejata izmenično strojni oddelek univerze v Birminghamu in manchesterški univerzitetni inštitut za znanost in tehnologijo. Letošnja konferenca je bila tako po obsegu obdelanih področij kakor tudi po številu udeležencev rekordna. Udeležili so se je zastopniki univerzitetnih in visokošolskih ustanov, raziskovalnih inštitutov, industrije obdelovalnih strojev in kovinske predelovalne industrije z vseh delov sveta — razen iz Južne Amerike. Z referati so aktivno sodelovali strokovnjaki iz Anglije, Avstralije, Belgije, Češkoslovaške, Indije, Italije, Izraela, Japonske, Nizozemske, Poljske, Švice, SZ, ZAR in ZDA.

Na konferenci so bila obdelana naslednja področja: natančnost obdelovalnih strojev, obdelava kovin z odrezavanjem, strukturne kalkulacije obdelovalnih sistemov, obdelovalni koncepti, konstrukcija obdelovalnih strojev, ležaji in vretena, pehalni stroji, kontrola in krmiljenje, stiki in spoji, plastično preoblikovanje, drsne površine in elementi kotalnih ležajev ter meritve in vibracijska podajanja.

Ker so nekatera teh področij s programom zavzela celo več kakor pol dneva, ni bilo mogoče obdelati celotnega materiala konference na skupnih sejah v štirih dneh. Zato je večina delovnega programa konference vzporedno potekala v dveh skupinah — na ločenih sejah.

Na konferenci smo slišali za mnogo zanimivih novosti. Naj omenimo le eno od njih!

D. T. N. Williamson, direktor razvojnega oddelka Molins Machine Company iz Londona, je podal referat

o novem konceptu tovarne za izdelavo manjših delov iz lahkih kovin (maks. $300 \times 300 \times 150$ mm), ki ga je imenoval »sistem 24«. Zamisel je bila razvita predvsem za potrebe industrije transportnih sredstev — letalske in avtomobilske — in pomeni popolnoma nov način prijema za združeno konstruiranje in izdelovanje delov pod kontrolo elektronskih računalnikov. Sistem bo zaradi izredne hitrosti, fleksibilnosti in cenovitosti po vsej priliki močno vplival na razvoj obdelovalne tehnologije prihodnjih let. Uporaba tega sistema omogoča 5- do 10-kratno pocenitev izdelkov v primerjavi s konvencionalno izdelavo, ne da bi investicijski stroški presegli navadne, za enako količinsko izdelavo. Poskusni obrat, zgrajen po tem načelu, ima 10 proizvodnih in 1 kontrolno enoto, katerih vsaka zmora do 70 operacij z različnimi orodji. Vsaka enota ima lasten elektronski računalnik za izbiro najprimernejših obdelovalnih postopkov in njihova zaporedja, katerih programe in delo pa ima pod nadzorom centralen elektronski računalnik. S pomočjo zadnjega sestavljajo program za delo celotne tovarne. Sistem je sestavljen tako, da s programom, pripravljenim v 8 urah normalne delovne izmene, obratuje povsem avtomatično 24 ur na dan. Zaradi tega teče proizvodnja v treh izmenah praktično z osebjem, ki z redkimi izjemami dela samo v normalni dopoldanski izmeni.

Zaradi skrajne zanesljivosti in velikih hitrosti, ki so v rabi pri obdelavi lahkih kovin, je koncept obdelovalnih strojev, uporabljenih pri tem sistemu, popolnoma nov. Povsod so vgrajeni hidrostatični ležaji, stroje pa ženejo turbine, kar omogoča velike vrtilne hitrosti do 30 000 vrt/min.