

INSTITUT ZA ALATNE MAŠINE I ALATE
Beograd, 27 marta 80, tel. 29-074

ZBORNİK SAOPŠTENJA
V SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Kragujevac, 15 — 16. V 1969.

III knjiga - UVODNI REFERATI, KOREFERATI,
DISKUSIJA, OPŠTE INFORMACIJE

BEOGRAD, 1969.

INSTITUT ZA ALATNE MAŠINE I ALATE
Beograd, 27 marta 80, tel. 29-074

ZBORNİK SAOPŠTENJA
V SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Kragujevac, 15 — 16. V 1969.

III knjiga - UVODNI REFERATI, KOREFERATI,
DISKUSIJA, OPŠTE INFORMACIJE

BEOGRAD, 1969.

INICIJATOR SAVETOVANJA:

Zajednica jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva

ORGANIZATORI SAVETOVANJA:

Institut za alatne mašine i alate (IAMA), Beograd
Mašinski fakultet - Odeljenje u Kragujevcu
Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
Društvo inženjera i tehničara (DIT), Kragujevac

ORGANIZACIJSKI ODBOR:

Ivković Branko, dipl.ing., docent Odeljenja Mašinskog fakulteta, Kragujevac,
Micić Radoljub, dipl.ing., predsednik DIT-a, Kragujevac
Nedeljković Milan, dipl.ing., rukovodilac Odeljenja za alatne mašine IAMA, Beograd,
Smiljanić Slobodan, dipl.ing., direktor Fabrike automobila, Kragujevac,
Šolaja Vladimir, dipl.ing., vanr. profesor Mašinskog fakulteta, direktor IAMA.

V Savetovanje proizvodnog mašinstva je upravo završeno. Posle dosadašnja četiri savetovanja (I u Beogradu 1965, II u Zagrebu 1966, III u Ljubljani 1967 i IV u Sarajevu 1968), ova sada već tradicionalna zajednička akcija Zajednice jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva pala je ponovo u zadatak Institutu za alatne mašine i alate u Beogradu, koji je organizovao ovogodišnji skup u zajednici sa Odeljenjem Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, Zavodima "Crvena Zastava", Kragujevac i DIT-om, Kragujevac, i uz podršku Saveznog i Republičkog saveta za koordinaciju naučnoistraživačkih delatnosti, na dane 15. i 16. maja u Kragujevcu.

Prve dve knjige Zbornika saopštenja V Savetovanja objavljene su i dostavljene svim učesnicima u prvoj polovini aprila 1969 godine, a sadržavale su četrdesetosam pripremljena referata iz oblasti (i) alatnih mašina, (ii) automatizacije i upravljanja i (iii) obrade rezanjem iz instituta, fakulteta i privrednih organizacija. Treća knjiga Zbornika sadrži sve ostale materijale Savetovanja koji nisu sadržani u prve dve knjige.

U prvom napisu se daju sve potrebne informacije o V Savetovanju, uključujući spisak učesnika, uvodne i zaključne reči i niz drugih podataka.

Tri uvodna referata predstavljaju uvodna izlaganja za oblasti razmatrane na Savetovanju: Prof. Dr. P. Stanković, dipl.ing., Beograd, je pripremio uvodni referat za područje alatnih mašina, Prof. Dr. R. Zdenković, dipl.ing., Zagreb, za područje automatizacije i upravljanja, a Prof. V. Šolaja, dipl.ing., Beograd, za područje obrade rezanjem.

Nadalje se iznosi šest koreferata pripremljenih za Savetovanje iz oblasti alatnih mašina i automatizacije.

U narednom odeljku se daju tekstovi diskusija, redigovani prema magnetofonskom zapisu: ukupno je izneto 26 diskusija (10 iz prvog, 4 drugog a 12 iz trećeg područja), sa zaključnim izlaganjima izvestioca.

Na kraju se iznose i tri pismena priloga diskusiji primljena do 23. juna 1969 godine.

Organizacijski odbor veruje da materijal iznet u tri knjige Zbornika V Savetovanja svedoči o razvojnom trendu u kreiranju i asimilaciji novog znanja, i kroz to o rastućem doprinosu nauke unapredjenju efekata proizvodjenja u metalnoj industriji Jugoslavije, te da će kao i ranije informacije sa savetovanja, uključujući tu i druge uspostavljene vidove komuniciranja istraživačkorazvojne delatnosti sa proizvodnom praksom, predstavljati dalji prilog proširenju osnove i podizanju profesionalnog nivoa specijalne oblasti proizvodnog mašinstva. Zbog toga se sa zadovoljstvom najavljuje da je sa organizacijom VI Savetovanja proizvodnog mašinstva zadužen Institut za alatne strojeve u Zagrebu, pri čemu se isto predviđa za maj 1970 godine, sa dnevnim redom u oblastima tehnologije mašinogradnje, obrade deformacijom i organizacije rada.

ORGANIZACIJSKI ODBOR V SAVETOVANJA

Beograd, juna 1969

S A D R Ź A J

	Strana
Informacija o V Savetovanju proizvodnog mašinstva	1
Prilog I - Spisak učesnika	6
Prilog II - Pozdrav druga P. Rakovića, dipl.ing.	19
Prilog III - Pozdrav Prof. M. Vesovića, dipl.ing.	20
Prilog IV - Uvodna reč Prof. V. Šolaje, dipl.ing.	21
Prilog V - Zaključna reč Prof. V. Šolaje, dip.ing.	22
P. Stanković, Mašine alatke - uvodni referat	27
R. Zdenković, Automatizacija i upravljanje - uvodni referat ..	45
V. Šolaja, Obrada rezanjem - uvodni referat	75
Z. Savić, Osnovne tendencije istraživanja u oblasti zupčanika (koreferat)	117
Z. Savić, Stabilnost aksijalno pokretljivih zupčanika (korefe- rat)	121
R. Zdenković, Tehnika i automatizacija u inženjerskom radu i stvaranju (koreferat)	147
A. Perić, B. Bendelja, Rezultati istraživanja iskorišćenja alatnih mašina za obradu rezanjem (koreferat)	153
G. Sečak, B. Skalicki, Frekvencijska promjena brzine vrtnje kaveznog asinhronog motora i njena regulacija (koreferat) .	157
R. Jelatancev, Pužuci hod asinhronog motora primenjen za po- zicioniranje na alatnom stroju (koreferat)	169
Diskusija sa zaključnim izlaganjima izvestioca	175
(a) Alatne mašine (D. Vukelja, V. Milačić, B. Ivković, P. Stanković, B. Popović, M. Sekulić, M. Nedeljković, R. Zdenković, R. Uzunović, M. Kalajdžić, <u>zaključno izla- ganje P. Stanković</u>)	175

(b) Automatizacija i upravljanje (S. Zarić, B. Antunović, B. Popović, R. Milojević, <u>zaključno izlaganje R. Zdenković</u>)	191
(c) Obrada rezanjem (J. Stanić, B. Ivković, E. Kuljanić, B. Popović, M. Kaplarević, Š. Šavar, D. Dužević, J. Stankov, S. Sekulić, M. Zdravković, D. Vukelja, R. Zdenković, <u>zaključno izlaganje V. Šolaja</u>)	198
Pismena diskusija (B. Bendelja i A. Perić, M. Sekulić i D. Knežević, V. Zrnić)	225

V SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA, KRAGUJEVAC, 1969

INFORMACIJA O V SAVETOVANJU PROIZVODNOG MAŠINSTVA

V Savetovanje proizvodnog mašinstva održano je u četvrtak, 15. i petak 16. maja 1969 godine u prostorijama Odeljenja Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, prema sledećem programu:

- 15.5.1969: 9,30 - Otvaranje Savetovanja
10,00 - Uvodni referat o saopštenjima iz oblasti alatnih mašina (Prof. Dr. Pavle Stanković, dipl. ing., Beograd)
10,45 - Koreferati i diskusija po 18 saopštenja
16,30 - Uvodni referat o saopštenjima iz oblasti automatizacije i upravljanja (Prof. Dr. Rudolf Zdenković, dipl. ing., Zagreb)
17.30 - Koreferati i diskusija po 12 saopštenja
- 16.5.1969: 10,00 - Poseta Zavodima "Crvena Zastava", Kragujevac
16,00 - Uvodni referat o saopštenjima iz oblasti obrade rezanjem (Prof. Vladimir Solaja, dipl. ing., Beograd)
17,00 - Koreferati i diskusija po 18 saopštenja.

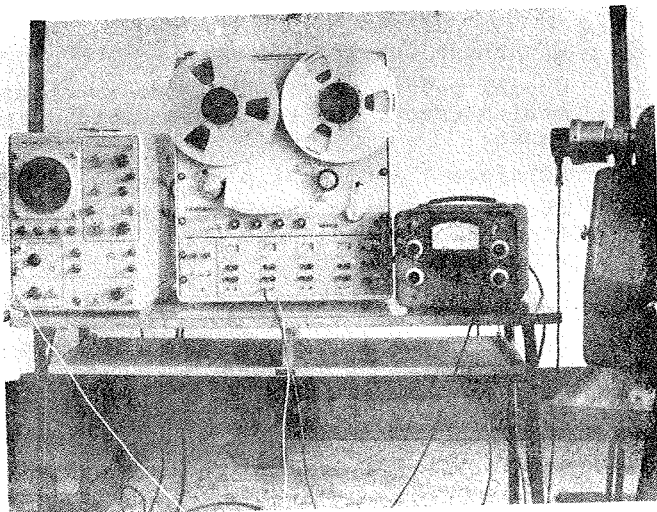
Savetovanje je u prisustvu gotovo 300 proizvodnih stručnjaka^{x)} i gostiju 15. maja u 9,30 časova otvorio Prof. Vladimir Š o l a j a , dipl. ing., direktor Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, član Zajednice jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva i Pripremnog odbora V Savetovanja, pozdravljajući prisutne goste: predstavnika Republičkog saveta za koordinaciju naučnih delatnosti SR Srbije i Republičkog fonda za finansiranje naučnih delatnosti druga Branislava L o l i ć a, dipl.ing., predstavnike Republičke privredne komore SR Srbije drugove Predraga R a d i v o j e v i ć a, dipl.ing. i Djordja J o l d ž i ć a, dipl.ing., predstavnika Opštinske skupštine Kragujevac, druga Slobodana V a s i l j e v i ć a, generalnog direktora Zavoda "Crvena Zastava" druga Prvoslava R a k o v i ć a, dipl.ing., predstavnika Mašinskog fakulteta, prodekana Prof. Dragutina P o p o v i ć a, dipl.ing. i Starešinu Odeljenja Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, Prof. Milana V e s o v i ć a, dipl.ing.; preneo je takodje pismeni pozdrav koji je Predsednik Saveznog saveta za

^{x)} Spisak učesnika iznet je u Prilogu I, a pregled u Tablici 1.

koordinaciju naučnih delatnosti Prof. Dr. Dolfe V o g e l n i k, sprečen da lično učestvuje, uputio Savetovanju.

Savetovanje su potom prema priložima II i III pozdravili drugovi Prvo-
slav R a k o v i ć, dipl.ing., u ime metalske industrije SR Srbije i
Kragujevca i Prof. Milan V e s o v i ć, dipl.ing., u ime domaćina Sa-
vetovanja, Odeljenja Mašinskog fakulteta u Kragujevcu.

Pre prelaska na radni deo Savetovanja, Prof. Vladimir Š o l a j a ,
dipl.ing., je dao neke uvodne informacije prema Prilogu IV.



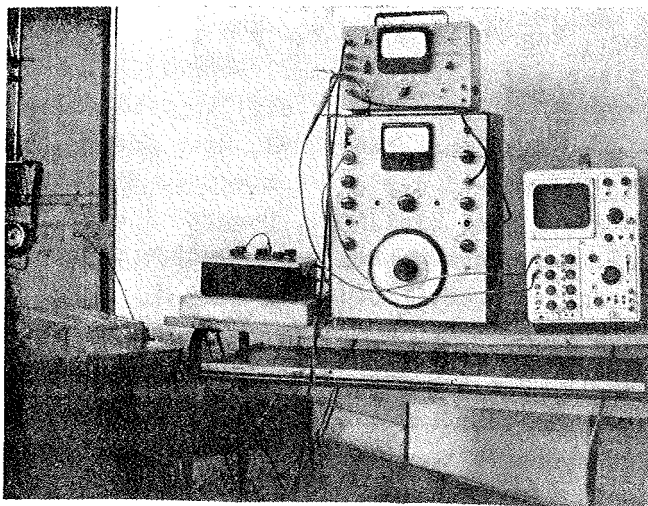
Sl. 1. Ispitivanje torzionih vibracija na strugu

U 10 časova je počeo radni deo Savetovanja prema programu, uvodnim referatom za oblast alatnih mašina koji je podneo Prof. Dr. Pavle S t a -
n k o v i ć, dipl.ing., naučni savetnik Instituta za alatne mašine i
alate, Beograd ^{x)}; ovom delu Savetovanja je predsedavao Prof. Vladimir
Š o l a j a, dipl.ing., Beograd.

Posle uvodnog referata izneli su svoje koreferate Prof. Zoran S a -
v i ć, dipl.ing., Beograd i Prof. Dr. Rudolf Z d e n k o v i ć, dipl.
ing., Zagreb, dok su u diskusiji učestvovali Dr. Dušan V u k e l j a,
dipl.ing., Beograd, Doc. Aristid P e r i ć, dipl.ing., Sarajevo, Doc.
Branko I v k o v i ć, dipl.ing., Kragujevac, Prof. Dr. Pavle S t a -
n k o v i ć, dipl.ing., Beograd, Branko P o p o v i ć, dipl.ing.,

x) Uvodni referati, koreferati, izvodi iz diskusije i pismeni prilozi
diskusiji se iznose redom u ovoj svesci Zbornika radova V Saveto-
vanja

Beograd, Doc. Dr. Milivoje S e k u l i ć, dipl.ing., Beograd, Milan N e d e l j k o v i ć, dipl.ing., Beograd, Prof. Dr. Rudolf Z d e n k o v i ć, dipl.ing., Zagreb, Ratko U z u n o v i ć, dipl.ing., Beograd i Milisav K a l a j d ž i ć, dipl.ing., Beograd. Rezime diskusije u oblasti alatnih mašina dao je glavni referent Prof. Dr. Pavle S t a n k o v i ć, dipl.ing.



Sl. 2. Modelsko dinamičko ispitivanje postolja alatne mašine

U okviru drugog zasedanja koje je započelo pod predsedništvom Prof. Dr. Binka Musafije, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo, popodne u 16,30 časova, Prof. Dr. Rudolf Z d e n k o v i ć, dipl.ing., Strojarsko-brodogradjevni fakultet, Zagreb, je izneo uvodni referat iz oblasti automatizacije i upravljanja. Svoje koreferate su dali drugovi Gabrijel S e č a k, dipl.ing., i Božo S k a l i c k i, dipl.ing., sa Strojarsko-brodogradjevnog fakulteta, Zagreb i Rastislav J e l a t a n c e v, dipl.ing. iz Instituta za alatne strojeve, Zagreb, dok su u diskusiji učestvovali Doc. Dr. Vladimir M i l a č i ć, dipl.ing., Beograd, Prof. Svetislav Z a r i ć, dipl.ing., Beograd, Bojan A n t u n o v i ć, Zagreb, Branko P o p o v i ć, dipl.ing., Beograd i Mihailo M i l o j e v i ć, dipl.ing., Železnik. Rezime diskusije u oblasti automatizacije i upravljanja dao je glavni referent Prof. Dr. Rudolf Z d e n k o v i ć, dipl.ing. Prvi dan Savetovanja završen je u 19,30 časova.

U petak, 16. maja u 10 časova organizovali su Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac, posetu Fabrici automobila za sve zainteresovane učesnike

Savetovanja.

Popodne istog dana u 16,00 časova započeo je rad na trećoj temi Savetovanja uvodnim referatom Prof. Vladimira Š o l a j e, dipl.ing., o obradi rezanjem, sa drugom Antonom C r n e k o m, dipl.ing., direktorom Instituta za alatne strojeve, Zagreb, kao predsedavajućim. U diskusiji su učestvovali Doc. Mgr. J o k o S t a n i ć, dipl.ing., Beograd, Doc. Branko I v k o v i ć, dipl.ing., Kragujevac, Elso K u l j a n i ć, dipl.ing., Zagreb, Branko P o p o v i ć, dipl.ing., Beograd, Miloš K a p l a r e v i ć, dipl.ing., Beograd, Šime Š a v a r, dipl.ing., Zagreb, Davor D u ž e v i ć, dipl.ing.fiz., Zagreb, Mgr. Jele- na S t a n k o v, dipl.ing., Novi Sad, Doc. Sava S e k u l i ć, dipl.ing., Novi Sad, Milutin Z d r a v k o v i ć, dipl.ing., Kragujevac, Dr. Dušan V u k e l j a, dipl.ing., Beograd i Prof. Dr. Rudolf Z d e n k o v i ć, dipl.ing., Zagreb. Rezime diskusije u oblasti obrade rezanjem dao je glavni referent Prof. Vladimir Š o l a j a, dipl.ing.

Potom je u 19,00 časova u ime organizatora V Savetovanja dao završnu reč Prof. Vladimir Š o l a j a, dipl.ing., iznoseći informaciju i o VI Savetovanju proizvodnog mašinstva čiju je pripremu za 1970 godinu Zajednica jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva poverila Institutu za alatne strojeve, Zagreb (Prilog V), dok je predsedavajući, drug Anton C r n e k a, dipl.ing., zaključio V Savetovanje, zahvalivši se domaćinima i učesnicima i sa željom ponovnog susreta naredne godine u Zagrebu.

Prema Prilogu I, za V Savetovanje je ukupno prijavljeno, zajedno sa gostima, 369 proizvodnih stručnjaka, što predstavlja do danas najveći broj učesnika na savetovanjima proizvodnog mašinstva; iz različitih razloga 81 prijavljeni (22%) je bio sprečen da dodje u Kragujevac, dok se u Tablici 1 daje pregled učesnika po republikama i po vrsti radne

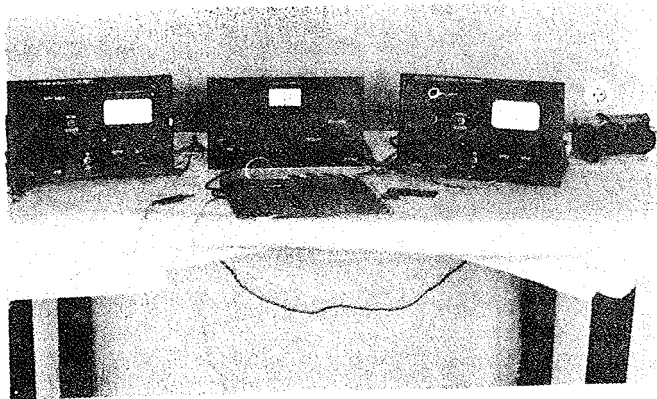
Tablica 1 - Prijavljeni učesnici

Republika	Ukupni broj	Privreda	Ostalo
SR Bosna i Hercegovina	40	32	8
SR Crna Gora	2	2	-
SR Hrvatska	67	54	13
SR Makedonija	13	11	2
SR Slovenija	34	20	14
SR Srbija	213	148	65
Ukupno	369	267	102

organizacije (privreda s jedne i instituti i prosvetne ustanove s druge strane, pri čemu je gotovo 73% učesnika iz privrede). Podatak prema kome je oko 85% učesnika bilo s visokom, odnosno višom spremom nije pouzdan, pošto, nažalost, neke informacije o učesnicima nisu kompletne, te valja pretpostaviti da je ovaj udeo veći.

Institut za alatne mašine i alate, Beograd, je u zajednici sa Odeljenjem Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, u laboratorijskim prostorijama Odeljenja organizovao u jutarnjim i podnevnim prekidima rada demonstracije izabраних eksperimentalnih ispitivanja, pri čemu je bilo reči o ukupno jedanaest pripremljenih radnih mesta, i to:

- ispitivanje izvlačenja lima,
 - merenje snage alatnih mašina,
 - merenje buke,
 - ispitivanje prinudnih vibracija na modelu,
 - ispitivanje temperature na alatnim mašinama,
 - ispitivanje elektromagnetnih spojnica,
 - statičko-dinamička tenzometrija,
 - ispitivanje torzijskih vibracija,
 - obrada superfinišom,
 - ispitivanje obrade glodanjem, uključujući primenu izotopa, i
 - utvrđivanje temperaturnog polja pri rezanju elektroanalogijom;
- nekoliko fotografija uz tekst ilustruje neke od prikazanih oglеda.



Sl. 3. Instrumentacija za utvrđivanje temperaturnog polja u reznom klinu elektroanalogijom

U ulaznom holu Odeljenja Institut za alatne mašine i alate, Beograd, je prikazao učesnicima svoje publikacije (serije "Saopštenja IAMA", "Pri-

ručnici IAMA" i "Monografije IAMA"), a takodje i neke svoje elaborate. Tri jugoslovenska proizvođača reznih alata, Industrija alata IAT, Trebinje, Fabrika reznog alata FRA, Čačak i Fabrika alata "Crvena Zastava", Kragujevac, su u prostorijama Odeljenja postavili vitrine sa malim izložbama svojih proizvoda.

Prvog dana uveče domaćini Savetovanja iz Kragujevca priredili su koktel za sve učesnike V Savetovanja na terasi hotela "Kragujevac".

PRILOG I - Spisak prijavljenih i/ili prisutnih učesnika na V Savetovanju proizvodnog mašinstva

1. Albijanić Radomir, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate, IAMA, Beograd
2. Aleksić Radiša, dipl.ing., Mašinski školski centar, Beograd
3. Aljkov Djordji, dipl.ing., F-ka za alatni mašini "Tito", Skopje
4. Andrejević Dušan, Prva Iskra, Barič
5. Andrejić Radovan, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac,
6. Antunović Bojan, Institut za alatne strojeve IAS, Zagreb
7. Arsić Ljubiša, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
8. Avdagić Ahmet, Jugoturbina, Karlovac
9. Babić Ljubomir, ing., Školski centar za strojarstvo i elektrotehniku, Zagreb
10. Bacinger Josip, dipl.ing., Ljevaonica i tvornica armatura, Varaždin
11. Bajc Petar, dipl.ing., Institut za prostornu tehniku, Beograd
12. Balog Balint, dipl.ing., Fabrika alatnih mašina "Potisje", Ada
13. Banjac Dragan, dipl.ing., Mašinski fakultet, Novi Sad
14. Banković Dušan, elektroing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
15. Batelja Franjo, dipl.ing., Ljevaonica i tvornica armatura, Varaždin
16. Begović Todor, dipl.ing., Tvornica elektro-aparata Energoinvest, Sarajevo - Lukavica
17. Behaim Dimitrije, dipl.maš.ing., Jugoturbina, Karlovac
18. Bendelja, Prof. Božo, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo
19. Bilčar Gojko, dipl.ing., Tvornica elektro-aparata Energoinvest, Sarajevo - Lukavica
20. Blagojević Božidar, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac

21. Blagojević Petko, dipl.ing., Industrija "14 oktobar", Kruševac
22. Blagojević Vitomir, Školski centar za tehničko obrazovanje kadrova za privredu, Kostolac
23. Bleiweis Andrej, dipl.ing., Zavod za avtomatizaciju "Iskra", Ljubljana
24. Bodiroža Bogdan, pog.ing., Industrija IRAD, Žabalj
25. Bogdanović Miodrag, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
26. Bokan Boža, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
27. Bošković Milija, dipl.ing., Zmaj, Zemun
28. Božić Ivan, dipl.ing., Industrija "Milan Premasunac", Kačarevo
29. Brađić Miodrag, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
30. Brezina Slavko, maš.tehničar, Prvomajska, Zagreb
31. Bursać Mile, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
32. Cebalo Roko, dipl.ing., Jugoturbina, Karlovac
33. Ciglenički Jože, dipl.met.ing., Tovarna avtomobilov in motorjev TAM, Maribor
34. Crneka Anton, dipl.ing., Institut za alatne strojeve IAS, Zagreb
35. Crnogorac Luka, dipl.ing., Pretis "Tito", Sarajevo - Vogošće
36. Cvetković Momčilo, dipl.ing., Jugoslovenski zavod za standardizaciju, Beograd
37. Crnomarković Nikola, maš.ing., Prva Iskra, Barič
38. Čerčić Stevan, Industrija motora IMR, Rakovica - Beograd
39. Černak Feliks, dipl.ing., Željezara Štore, Štore
40. Červar Serdjo, Prvomajska, Pogon Raša, Raša
41. Čolić Čedomir, dipl.ing., Centar za standardizaciju i tipizaciju "Energoinvest", Sarajevo
42. Ćorković Dušan, Poslovno udruženje "Alat", Beograd
43. Damić Vjekoslav, dipl.ing., Elektrofakultet, Sarajevo
44. Damjanac Miloš, dipl.ing., Pretis "Tito", Sarajevo - Vogošće
45. Danev Dragi, ing., Rudn. i željez. "Skopje" FAKOM, Skopje
46. Davidović Boža, Krušik, Valjevo
47. Delibašić Sava, Preduzeće "David Pajić", Beograd
48. Devedžić doc. Branko, dipl.ing., Odeljenje Mašinskog fakulteta, Kragujevac

49. Dimić Vladimir, maš.ing., Jastrebac, Niš
50. Djikić Mahmud, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo
51. Djordjević Djordže, dipl.ing., Viša tehnička škola, Zrenjanin
52. Djordjević Dragoljub, dipl.maš.ing., Tehnička škola, Mladenovac
53. Djordjević Radomir, Fabrika agregata Brus, Brus
54. Djordjević Svetozar, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
55. Doder Dušan, Tvornica "Gorica", Zagreb
56. Dirner Aleksandar, dipl.ing., Viša tehnička škola, Subotica
57. Dragutinović Obrad, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
58. Drešević Živojin, dipl.ing., Tehnička škola, Kragujevac
59. Drnovšek Jože, dipl.ing., Strojna tovarna Trbovlje, Trbovlje
60. Dujela Silvio, dipl.ing., Poduzeće "Vlado Bagat", Zadar
61. Dundara Eugen, dipl.ing., Prvomajska, Pogon Raša, Raša
62. Dužević Davor, dipl.ing.fiz., SINTAL, Zagreb - Remetinec
63. Elčić Božidar, dipl.ing., Metaloprerađivačka industrija "Rad", Gradačac
64. Eren Robert, dipl.ing., Strojarski fakultet u Rijeci, Rijeka
65. Filipović Milan, tehn., Tvornica MEBA, Zagreb
66. Gantar Ivan, dipl.ing., Inštitut za strojništvo, Ljubljana
67. Gašperić Ivo, dipl.ing., Titan, Kamnik
68. Gatalo Ratko, dipl.ing., Mašinski fakultet, Novi Sad
69. Glavaš Jakov, dipl.ing., Tvornica elektro-aparata "Energoinvest", Sarajevo - Lukavica
70. Gligorić Mgr. Branko, dipl.ing., Mašinski fakultet, Beograd
71. Glumičić Dragan, dipl.ing., Jugoturbina, Karlovac
72. Gologranc doc. Franc, dipl.ing., Inštitut za strojništvo, Ljubljana
73. Gradac Marinko, 21 maj, Beograd
74. Grebenc Ivan, dipl.ing., Inštitut za strojništvo, Ljubljana
75. Grgur Milan, dipl.ing., Industrija precizne mehanike, Beograd
76. Hadžić Ahmed, ing., Energoinvest - Trudbenik, Dobož
77. Hadžihusejnović Dževad, Igman, Konjic

78. Halat Žarko, dipl.ing., Dalmastroj, Split
79. Henich Darinka, dipl.ing., Institut za alatne strojeve IAS, Zagreb
80. Horvat Ivan, tehn., Ventilator, Zagreb
81. Hristovski Gorgi, dipl.ing., F-ka za alatni mašini TITO, Skopje
82. Ilić Ljubiša, dipl.ing., Industrija motora IMR, Rakovica-Beograd
83. Ilijević Aleksandar, dipl.maš.ing., Rudarsko topioničarski basen Bor, Bor
84. Isakov Petar, tehn., Jugoalat, Novi Sad
85. Ivančević Ljubo, dipl.ing., Tvornica alata "Energoinvest", Sarajevo - Stup
86. Ivić Lazar, ing., Industrija motora IMR, Rakovica - Beograd
87. Ivković doc. Branko, dipl.ing., Odeljenje Mašinskog fakulteta, IAMA, Kragujevac
88. Jakovljević Ivo, dipl.ing., Inštitut TOMOS, Koper
89. Jakovljević Radomir, dipl.ing., IRAP, Trstenik
90. Jelatancev Rastislav, dipl.ing., Institut za alatne strojeve IAS, Zagreb
91. Jerala Jože, dipl.ing., ISKRA, Kranj
92. Joldžić Djordje, dipl.ing., Republička privredna komora, Beograd
93. Jovanić-Milan, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
94. Jovanović Branko, Pretis "Tito", Sarajevo - Vogošće
95. Jovanović Danilo, dipl.maš.ing., Industrija "Radoje Dakić", Titograd
96. Jurišić Zlatko, dipl.ing., Prvomajska, Zagreb
97. Juršić Ljudevit, ing., Tvornica MEBA, Zagreb
98. Justin Mgr. Borut, dipl.ing., Inštitut za strojništvo, Ljubljana
99. Kajfež Dušan, dipl.ing., TOMOS, Koper
100. Kalajdžić Branka, dipl.ing., Mašinski školski centar, Beograd
101. Kalajdžić Milisav, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
102. Kandić Blagoje, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
103. Kapor Žarko, maš.tehn., Industrija "14 oktobar", Kruševac
104. Kaplarević Miloš, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
105. Kartalović Nikola, maš.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac

106. Kecman Zdravko, dipl.ing., Školski centar za tehničko obrazovanje kadrova za privredu, Kostolac
107. Kimer Prof. Julije, dipl.ing., Mašinski fakultet, Novi Sad
108. Knap Anton, dipl.ing., ISKRA, Kranj
109. Knežević Damnjan, Geomašina, Zemun
110. Knežević Dragutin, dipl.ing., Institut za prostornu tehniku, Beograd
111. Knežević Petar, dipl.ing., Zmaj, Zemun
112. Koćanski Sima, tehn., Jugoslavija, Novi Sad
113. Kolar Rudolf, dipl.ing., Jedinstvo, Zagreb
114. Kolbl Darinko, dipl.ing., Litostroj, Ljubljana
115. Koljozov Kosta, dipl.ing., Elektromašinski fakultet, Skopje
116. Komar Ivan, dipl.ing., Soko, Mostar
117. Komerički Branko, dipl.ing., Prvomajska, Zagreb
118. Komnenić Miodrag, dipl.ing., Industrija "14 oktobar", Kruševac
119. Korićanac Radisav, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
120. Kostić Miroslav, dipl.ing., Fabrika vagona, Kraljevo
121. Kovačević Budimir, dipl.maš.ing., Sloboda, Čačak
122. Kovačević Miodrag, Prva Petoletka, Trstenik
123. Kovačević Rade, dipl.ing., Viša tehnička škola, Zrenjanin
124. Kovačević Tomislav, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
125. Kovjanić Miloš, Željezara Sisak, Sisak
126. Kozelički Stanko, dipl.ing., Torpedo, Rijeka
127. Kozina Josip, dipl.ing., Energoinvest - Sektor armatura, Sarajevo - Alipašićin Most
128. Kraut Prof. Bojan, dipl.ing., Institut za stojništvo, Ljubljana
129. Krstevski Angele, dipl.ing., F-ka alatni mašini TITO, Skopje
130. Krstić Miodrag, dipl.ing., Tehnička škola, Kragujevac
131. Krstić Živojin, ing., Mašinska industrija MIN, Niš
132. Kršljak Bogoljub, dipl.ing., CER, Čačak
133. Kuljanić Elso, dipl.ing., Institut za alatne strojeve IAS, Zagreb

134. Latinović Milan, dipl.maš.ing., Energoinvest - Tvornica alata , Sarajevo - Stup
135. Lazar Ivan, ing., Strojna tovarna Trbovlje, Trbovlje
136. Lazarević Momčilo, ing., Industrija "Rudi Čajavec", Banja Luka
137. Lazarević Vojislav, dipl.ing., Pretis "Tito", Sarajevo-Vogošće
138. Lazarić Josip, dipl.ing., Prvomajska, Pogon Raša, Raša
139. Leskovar Doc. Mgr. Polde, dipl.ing., Institut za strojništvo, Ljubljana
140. Lolić Branislav, dipl.ing., Institut "Boris Kidrič", Vinča
141. Lončar Simo, dipl.ing., Jugoturbina, Karlovac
142. Lončarević Miloje, Prvi Partizan, Titovo Užice
143. Lovrin Rajko, dipl.ing., Poduzeće "Vlado Bagat", Zadar
144. Lozić Josip, Jugoslat, Novi Sad
145. Ludajić Dušan, dipl.ing., Iznica željeza i tempera LŽTK, Kikinda
146. Lukić Borislav, maš.tehn., Fabrika kotlova i radijatora, Zrenjanin
147. Majcen Danijel, maš.ing., Jastrebac, Niš
148. Majdandžić Niko, dipl.ing., Poduzeće "Djuro Djaković", Sl. Brod
149. Majstorović Veselin, dipl.ing., Fabrika reznog alata FRA, Čačak
150. Maksimović Mirko, dipl.ing., Industrija precizne mehanike, Beograd
151. Maluckov Jovan, Jugoslat, Novi Sad
152. Maljanovski Fote, dipl.ing., F-ka za alatni mašini TITO, Skopje
153. Mandić Dragiša, dipl.ing., Mašinski fakultet, IAMA, Beograd
154. Marek Evgen, dipl.ing., Zavod za avtomatizaciju "Iskra", Ljubljana
155. Marenče Jože, dipl.ing., Litostroj, Ljubljana
156. Maričić Živorad, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate, IAMA, Beograd
157. Marić Slobodan, Krušik, Valjevo
158. Marković Anton, dipl.ing., Univerzal, Banja Luka
159. Marković Dragoslav, maš.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
160. Marković Ivan, dipl.ing., Tvornica elektro-aparata "Energoinvest", Sarajevo - Lukavica
161. Marković Milisav, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo

162. Marković Živadin, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
163. Martinović Mirko, dipl.ing., Jelšingrad, Banja Luka
164. Mašić Stevo, dipl.ing., Poduzeće "Marko Orešković", Lički Osik
165. Matija Ivan, dipl.ing., 3. maj, Rijeka
166. Mešinović Edhem, dipl.ing., Univerzal, Banja Luka
167. Micić Radoljub, dipl.ing. Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
168. Mijanović Sava, dipl.ing., Industrija alata IAT, Trebinje
169. Mihalinec Božo, dipl.ing., Ljevaonica i tvornica armatura Varaždin, Varaždin
170. Mihić Prvoslav, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
171. Milačić Doc. Dr. Vladimir, dipl.ing., Mašinski fakultet, IAMA, Beograd
172. Miladinović Sreten, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
173. Milanović Vladimir, ing., Fabrika automobila FAP, Priboj
174. Milas Ivan, dipl.ing., Poduzeće "Djuro Djaković" Sl. Brod
175. Milčić Branimir, dipl.ing., Prvomajska, Zagreb
176. Milikić Dragoje, dipl.ing., Mašinski fakultet, Novi Sad
177. Milivojević Tomislav, Industrija "14 oktobar", Kruševac
178. Milojević Mihailo, dipl.ing., Fabrika "Ivo Lola Ribar", Železnik
179. Miloradović Milorad, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
180. Milosavljević Radovan, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
181. Milošević Jovan, dipl.ing., Rudarsko topioničarski basen Bor, Bor
182. Milošević Raja, dipl.ing., Fabrika reznog alata FRA, Čačak
183. Milošević Vladimir, Školski centar za tehničko obrazovanje kadrova za privredu, Kostolac
184. Milovanović Milovan, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
185. Milović Miloš, ing., Elektronska industrija - Fabrika alata Čačak, Čačak
186. Milutinović Dragoslav, dipl.maš.ing., Jastrebac, Niš
187. Minić Djoko, Željezara Sisak, Sisak
188. Mirjanić Nikola, dipl.ing., Fabrika "Ivo Lola Ribar", Železnik
189. Mitić Božidar, dipl.ing., Tehnički fakultet Niš, Niš
190. Mitić Prokopije, dipl.maš.ing., Industrija "Miloje Zakić", Kruševac

191. Mitković Vladimir, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo
192. Mitrović Ratko, dipl.ing., Odeljenje Mašinskog fakulteta, Kragujevac
193. Mohor Erih, dipl.str.ing., Tovarna avtomobilov in motorjev TAM, Maribor
194. Mohorović Eugen, Prvomajska, Pogon Raša, Raša
195. Momirski Milan, dipl.ing., Viša tehnička škola, Zrenjanin
196. Mrkonjić Sreten, maš.ing., Sloboda, Čačak
197. Muren Prof. Dr. Hinko, dipl.ing., Inštitut za strojništvo, Ljubljana
198. Musabegović Husein, dipl.ing., Fabrika automobila FAP, Priboj
199. Musafia Prof. Dr. Binko, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo
200. Načevski Blagoje, dipl.ing. Jugoturbina, Karlovac
201. Naumović Svetislav, dipl.ing., Mašinski školski centar, Beograd
202. Nedeljković Milan, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate, IAMA, Beograd
203. Nestorović Božidar, ing., Mašinska industrija MIN, Niš
204. Nikašinić Dušan, dipl.ing., Jugostroj, Rakovica - Beograd
205. Nikolić Dragomir, dipl.ing., Mašinski fakultet, IAMA, Beograd
206. Nikolić Ratko, dipl.ing., Pretis "Tito", Sarajevo - Vogošće
207. Nikolić Slavoljub, dipl.ing., Zmaj, Zemun
208. Nikolić Stanislav, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
209. Obućina Veljko, dipl.ing., Industrija mašina i traktora IMT, Beograd
210. Opačić Luka, dipl.ing., Industrija GOŠA, Smed. Palanka
211. Ožanić Vlado, 3. maj, Rijeka
212. Padjen Vladimir, dipl.ing., Torpedo, Rijeka
213. Pajović Božidar, ing., Fabrika vagona, Kraljevo
214. Pantović Aksentije, ing., Fabrika reznog alata FRA, Čačak
215. Pastorčić Božidar, Bagat, Zadar
216. Pavić Ante, Jugoturbina, Karlovac
217. Pavićević Mihailo, ing., Industrija motora IMR, Rakovica-Beograd
218. Pavlić Jože, ing., Soko, Mostar

219. Pavlović Aleksandar, dipl.ing., Fabrika "Ivo Lola Ribar", Železnik
220. Pavlović Dragomir, ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
221. Pavlović Milutin, Mašinska industrija MIN, Niš
222. Pecek Tomislav, dipl.ing., Institut za alatne strojeve, Zagreb
223. Pentek Franc, dipl.ing., Litostroj, Ljubljana
224. Perić doc. Aristid, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo
225. Pešović Velisav, Prva Iskra, Barič
226. Peti Franjo, Preduzeće "David Pajić", Beograd
227. Petrović Paun, Krušik, Valjevo
228. Petrović Srdjan, dipl.maš.ing., Industrija "Miloje Zakić", Kruševac
229. Petrovski Blagoje, tehn., Rudn. i željez. "Skopje" FAKOM, Skopje
230. Petrovski Živko, dipl.ing., F-ka za alatni mašini TITO, Skopje
231. Pindović Vasa, dipl.ing., Industrija motora IMR, Rakovica-Beograd
232. Pišek Lojze, ing., Željezara Štore, Štore
233. Polić Ante, dipl.ing., Prvomajska, Zagreb
234. Popadić Velimir, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
235. Popić Vinko, dipl.maš.ing., Energoinvest, Sektor armatura, Sarajevo - Alipašin Most
236. Popović Branko, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
237. Popović Prof. Dragutin, dipl.ing., Mašinski fakultet, Beograd
238. Popović Ilija, dipl.maš.ing., Industrija "Radoje Dakić", Titograd
239. Popović Jevrosim, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
240. Popović Milanko, dipl.ing., Industrija mašina i traktora IMR, Beograd
241. Popović Mirko, dipl.ing., Fabrika reznog alata FRA, Čačak
242. Popović Nenađ, dipl.ing., Preduzeće "Milan Premasunac", Kačarevo
243. Popović doc. Predrag, dipl.ing. Tehnički fakultet Niš, Niš
244. Popović Žarko, dipl.ing., Istra, Kula
245. Porent Anton, ing., Loške tovarne hladilnikov LTH, Škofja Loka
246. Potkonjak Ilija, dipl.ing., Tvornica alata TANG, Nova Gradiška
247. Predanić Josip, dipl.ing., Industrija "Vaso Miskin-Crni", Sarajevo

248. Pribilović Hubert, Energoinvest, Tvornica alata, Sarajevo - Stup
249. Prokić Živorad, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
250. Prokin Miloš, dipl.ing., Potisje, Ada
251. Puhar Pepo, Inštitut za strojništvo, Ljubljana
252. Putnik Dušan, ing., Industrija motora IMR, Rakovica - Beograd
253. Radivojević Predrag, dipl.ing., Republička privredna komora, Beograd
254. Radosavljević Boško, dipl.maš.ing., Tehnička škola, Mladenovac
255. Radovanović Radomir, Industrija GOŠA, Smed. Palanka
256. Rajić Drago, dipl.ing., Rudnik i željezara, Vareš
257. Rajković Marko, dipl.ing. Tvornica MEBA, Zagreb
258. Rajković Miljenko, ing., Tvornica MEBA, Zagreb
259. Rakić Miodrag, ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
260. Raković Prvoslav, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
261. Ravnjak Alojz, dipl.maš.ing., Željezara Zenica, Zenica
262. Rekecki Jožef, dipl.ing., Mašinski fakultet, Novi Sad
263. Ribić Ljubomir, dipl.ing., Industrija motora IMR, Rakovica - Beograd
264. Ristić Ljubinko, dipl.ing., Fabrika "Ivo Lola Ribar", Železnik
265. Ristić Milutin, dipl.ing., Industrija "14 oktobar", Kruševac
266. Ristić Mirko, dipl.ing., Jugoslovenski zavod za standardizaciju, Beograd
267. Robavs Branko, dipl.ing., Zavod za avtomatizaciju "Iskra", Ljubljana
268. Roethel Mgr. Franc, dipl.ing., Inštitut za strojništvo, Ljubljana
269. Rogatkin Aleksandar, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
270. Rožić Branimir, dipl.ing., Brodogradilište "Jozo Lozovina", Trogir
271. Rudelić Drago, dipl.ing., Gorica, Zagreb
272. Rupčić Milovan, dipl.ing., Mašinska industrija MIN, Niš
273. Sabljić Veselin, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
274. Savić Miroslav, maš.ing., Industrija "14 oktobar", Kruševac
275. Savić Sreten, dipl.ing., Jugostroj, Rakovica
276. Savić Prof. Zoran, dipl.ing., Mašinski fakultet, IAMA, Beograd

277. Savović Miloš, dipl.ing., Tehnička škola "N. Tesla", Pančevo
278. Sečak Gabrijel, dipl.ing.elektrotehn., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
279. Seferović Edhem, dipl.ing., Zavod za alatne mašine, alate i mjerne tehniku, Sarajevo
280. Sekulić doc. Dr. Milivoje, dipl.ing., Institut za prostornu tehniku, Beograd
281. Sekulić doc. Sava, dipl.ing., Mašinski fakultet, Novi Sad
282. Seljak Mgr. Zoran, dipl.ing., Institut za strojništvo, Ljubljana
283. Sič Zlatko, maš.tehn., Garant, Futog
284. Siketić Ladislav dipl.ing., Industrija "14 oktobar", Kruševac
285. Simić Živadin, dipl.ing., Industrija alata IAT, Beograd
286. Simonović Dimitrije, dipl.ing., Mašinska industrija MIN, Niš
287. Sinakijević Zvonko, Krušik, Valjevo
288. Skalicki Božo, dip.ing.elektrotehn., Fakultet strojništva i brodogradnje, Zagreb
289. Skoković Borisav, Industrija "14 oktobar", Kruševac
290. Skuhala Zdenko, Tehnička škola za strojno stroko, Ljubljana
291. Smiljanić Slobodan, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
292. Smiljković Slobodan, ing., Fabrika agregata Brus, Brus
293. Smirnov Boris, dipl.ing., Litostroj, Ljubljana
294. Spasović Borislav, maš.tehn., Industrija "14 oktobar", Kruševac
295. Srećković Slobodan, dipl.ing., Fabrika "Ivo Lola Ribar", Železnik
296. Stambolijev doc. Dimitar, dipl.ing., Elektromašinski fakultet, Skopje
297. Stanić doc. Mgr. Joko, dipl.ing., Mašinski fakultet, IAMA, Beograd
298. Stanišić Luka, ing., Energoinvest - Trudbenik, Doboj
299. Stankov Mgr. Jelena, dipl.ing., Mašinski fakultet, Novi Sad
300. Stanković Mihajlo, dipl.ing., Pobjeda, Novi Sad
301. Stanković Prof. Dr. Pavle, dipl.ing., Mašinski fakultet, Beograd
302. Stanojević Slobodan, dipl.ing., Mašinska industrija MIN, Niš
303. Stanošević Ljubisav, maš.ing., Prva Iskra, Barič
304. Stefanović Predrag, dipl.ing., Prvomajska, Zagreb
305. Stepanović Emilija, Institut za alatne mašine i alate, IAMA, Beograd

306. Stepić Zoran, Industrija "Miloje Zakić", Kruševac
307. Stevanović Slobodan, maš.ing., Mašinska industrija MIN, Niš
308. Stevović Milivoje, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
309. Stoisavljević Dušan, dipl.ing., Poduzeće "Marko Orešković", Lički Osik
310. Stojanov Trajče, dipl.ing., F-ka za alatni mašini TITO, Skopje
311. Stojanović Kosta, dipl.ing., Fabrika reznog alata FRA, Čačak
312. Stojanović Mileta, maš.ing., Mašinska industrija MIN, Niš
313. Stojanović Živko, dipl.ing., Školski centar za tehničko obrazovanje kadrova za privredu, Kostolac
314. Stojev Živko, Elektronska industrija, Alatinica Gevgelija, Gevgelija
315. Stojković Slavoljub, 21. maj, Beograd - Rakovica
316. Stokin Marko, dipl.ing., Inštitut Tomos, Koper
317. Stuparević Živojin, maš.ing., Rudarsko topioničarski basen Bor, Bor
318. Subičin Ivan, dipl.ing., Viša tehnička škola, Zrenjanin
319. Šantek Drago, stroj.tehn., Jedinstvo, Zagreb
320. Šarčev Ljubomir, dipl.ing., Pobjeda, Novi Sad
321. Šarenac Živko, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
322. Šavar Šime, dipl.ing., Strojarsko-brodogradjevni fakultet, Zagreb
323. Šestan Anton, dipl.ing., 3. maj, Rijeka
324. Šešelj Gojko, dipl.ing., Fabrika automobila FAP, Priboj
325. Šijaković Aleksandar, dipl.ing., Institut "Mihailo Pupin", Beograd
326. Šimić Ivan, dipl.ing., Jugoturbina, Karlovac
327. Škrnjug Dragutin, ing., 21. maj, Beograd - Rakovica
328. Šmarčan Pavle, dipl.ing., Višja tehniška škola, Maribor
329. Šolaja Prof. Vladimir, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
330. Šostar Adolf, dipl.ing. Višja tehniška škola, Maribor
331. Štućin Jože, Titan, Kamnik
332. Šurina Vjekoslav, ing., Tvornica MEBA, Zagreb
333. Tašić Velimir, Fabrika automobila FAP, Priboj

334. Tatalović Mile, dipl.maš.ing., Rudarsko topioničarski basen Bor, Bor
335. Timko Romko, dipl.ing., Istra, Kula
336. Todorović Staniša, ing., Fabrika agregata Brus, Brus
337. Tomašević Milan, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
338. Tomašević Stevan, maš.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
339. Tontić Branko, dipl.ing., Antikor, Krnjača - Beograd
340. Topličić Aleksandar, maš.ing., Prva Petoletka, Trstenik
341. Tričković Čedomir, Krušik, Valjevo
342. Trimčev Klime, dipl.ing., F-ka za alatni mašini TITO, Skopje
343. Trobentar Božo, maš.ing., Tovarna avtomobilov in motorjev TAM, Maribor
344. Tržan Franc, dipl.ing., Tovarna avtomobilov in motorjev TAM, Maribor
345. Tuček Enver, ing., Jelšingrad, Banja Luka
346. Turbić Anto, dipl.ing., Rudnik i željezara, Vareš
347. Urošević Sreten, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
348. Ušćumlić Dr. Momčilo, Tehnološki fakultet, Beograd
349. Uzunović Ratko, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
350. Validžija Nikola, dipl.ing., Jugoslat, Novi Sad
351. Varga Jožef, dipl.ing., Potisje, Ada
352. Vasiljević Milivoje, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
353. Verbanac Alfred, dipl.ing., Prvomajska, Pogon Raša, Raša
354. Vereš Jožef, dipl.ing., Industrija motora IMR, Rakovica-Beograd
355. Veselin Marko, Industrija "Marko Orešković", Lički Osik
356. Vesović Prof. Milan, dipl.ing., Odeljenje Mašinskog fakulteta, Kragujevac
357. Višnjić Aleksandar, dipl.ing., Fabrika reznog alata FRA, Čačak
358. Vujović Vitomir, dipl.ing., Industrija alata IAT, Trebinje
359. Vukadinović Slavko, dipl.ing., Osječka ljevaonica OIT, Osijek
360. Vukelja Dr. Dušan, dipl.ing., Institut za alatne mašine i alate IAMA, Beograd
361. Vulović Milivoje, dipl.ing., Fabrika reznog alata FRA, Čačak

362. Zahar Svetislav, dipl.ing., Odeljenje Mašinskog fakulteta, IAMA, Kragujevac
363. Zarev Slave, ing., F-ka za alatni mašini TITO, Skopje
364. Zarić Prof. Svetislav, dipl.ing., Mašinski fakultet, Beograd
365. Zdenković Prof. Dr. Rudolf, dipl.ing., Strojarsko-brodogradjevni fakultet, Zagreb
366. Zdravković Milutin, dipl.ing., Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac
367. Zjačić Zdenko, dipl.ing., Jugoturbina, Karlovac
368. Zrnić Vladimir, dipl.ing., Institut "Mihailo Pupin", Beograd
369. Živanović Milutin, dipl.ing., Poslovno udruženje "Mašinounion", Beograd

PRILOG II - Pozdravna reč druga Prvoslava R a k o v i ć a, dipl.ing. generalnog direktora Zavoda "Crvena Zastava", Kragujevac:

"Drugarice i drugovi, prijatno mi je da mogu da pozdravim vas i vaše V Savetovanje proizvodnog mašinstva. Danas tehnologija u razvoju naše industrije, u razvoju industrije sveta, zauzima izvanredno važno, i mogu slobodno da kažem, presudno mesto za dalji progres i razvoj kako naše industrije, našeg društva, tako i industrije u svetu i ljudskog društva uopšte. Danas kada i u Jugoslaviji počinjemo da idemo sa stopom amortizacije na 20%, pa u nekim slučajevima i više, jasno je da život mašina koje uključujemo i da nova rešenja tehnologije, alata, priroja i uređaja moraju vrlo intenzivno da žive i rade, da treba da imaju perspektivu da u vrlo kratkom vremenu, pet pa i manje godina, budu zamenjeni sa još savremenijim, još boljim rešenjima. Pošavši putem privredne reforme i sa željom da se uključimo u medjunarodnu podelu rada, vezujemo svoje lične dohotke za produktivnost i za dejstvo tržišta, pri čemu moramo to da shvatimo, moramo to da poštujemo i moramo da nalazimo sebe u celom tom procesu koji je otvoren. Pet godina života jedne instalacije jedne moderne fabrike koja se danas pušta je toliko kratko vreme da ne daje uopšte predaha ni jednom stvaralocu tehnologije, bilo da je konstruktor mašina, bilo da je projektant tehnoloških procesa ili konstruktor alata, pribora i uređaja, ne daje mu mogućnost zadovoljstva da je dostigao nešto i da može da se na nekim lovorikama odmara, nego mu imperativno postavlja zadatak da svakodnevno prati događaje, da bude intimno vezan sa svim izvorima koji stvaraju novo znanje i doprinose razvoju savremene tehnologije i sredstva za proizvodnju, i to kako u ovoj zemlji, tako i u svetu. Znači, današnja uloga i mesto naših tehnologa, bilo u kojoj oblasti obuhvaće-

noj vašim programom, je veoma važna, prvorazredna i ja mislim da bi naše samoupravno i samoodgovorno društvo moralo tome da posveti više pažnje i da tim ljudima, tim naporima i tim institucijama pruži veće priznanje i bolje i odgovornije mesto u društvu. Drugovi, ja ne sumnjam da će vaš rad biti plodonosan, da će on dati svoj doprinos svima nama, da će ljudi koji odu odavde moći da prenesu nova iskustva i da će se ona sliti u napore koje čine ljudi u proizvodnim pogonima, a u cilju sprovođenja reforme, kako privredne, tako i društvene. Još jednom želim uspeh u radu i zahvaljujem na mogućnosti da vas pozdravim".

PRILOG III - Pozdravna reč Prof. Milana V e s o v i ć a, dipl. ing.,
Starešine Odeljenja Mašinskog fakulteta u Kragujevcu:

"Drugarice i drugovi, imam prijatnu dužnost da u ime Dekana Mašinskog fakulteta u Beogradu koji, nažalost, zbog službenih poslova nije mogao da bude prisutan danas, u ime kolektiva Odeljenja Mašinskog fakulteta u Kragujevcu i u svoje lično, pozdravim sve prisutne učesnike V Savetovanja i goste i da im zaželim uspešan rad u toku ova dva dana. Želim isto tako da iskoristim priliku da kažem da smo veoma radosni i ponosni što možemo i kao ustanova i ova kuća i kao grad da ukažemo gostoprinstvo velikom broju učesnika Savetovanja u Kragujevcu, i da na taj način produžimo tradiciju grada koji je uvek dočekivao svoje goste i prijatelje punim srcem. Nama je drago što smo domaćini ovakvog skupa iz uže oblasti mašinstva koji predstavlja smotru rezultata ostvarenih za određeno vreme, posebno i zbog toga što Kragujevac ima tradiciju u oblasti znanja i obrazovanja. Poznato je da je Kragujevac, posmatran u okviru uže Srbije, imao prvu visoku školu koja je osnovana polovinom prošlog veka, da je posle nekoliko godina preseljena u Beograd, a da su u toku 1958/60 godine neke visoke škole vraćene u Kragujevac, kao što su to Mašinski i Ekonomski fakultet. Isto mi je drago i zbog toga što Kragujevac predstavlja grad koji je među prvima u Srbiji razvijao mašinsku industriju većeg obima, koja je išla u korak sa vremenom i sa njegovim dostignućima. Nas posebno raduje što ćete tokom rada na Savetovanju imati mogućnost, posredstvom materijala koje ste dobili i u direktnom kontaktu da ocenite dostignuća ove kuće i dostignuća vodeće industrije u Kragujevcu. Nažalost, obiman program i kratko vreme neće nam pružiti mogućnost da vam pokažemo i dostignuća na drugim poljima, da vam pokažemo značajne kulturne i istorijske spomenike i prirodne lepote kojima Kragujevac i njegova okolina obiluju. U ime ove kuće i u ime grada ja vam želim da se u Kragujevcu za vreme ovih dana osećate prijatno kao u svojoj kući. Mi smo

20

sa svoje strane učinili sve što smo mogli i umeli, i ako do nekih nedostataka dodje, ja vas molim da to shvatite kao posledicu naše neumješnosti i naših skromnih mogućnosti, a ne nedostatka dobre volje. Na kraju, ne želeći da zloupotrebljavam vaše dragoceno vreme ja vam još jedanput želim prijatan boravak medju nama i velike uspehe u vašem dvodnevnom radu".

PRILOG IV - Pre prelaska na radni deo Savetovanja, Prof. Vladimir Šolaja, dipl.ing., je izneo nekoliko uvodnih napomena:

"Ovo peto po redu Savetovanje opet nas je vratilo u Republiku Srbiju: posle prvog održanog u Beogradu oktobra 1965 godine, II aprila 1966 u Zagrebu, III marta 1967 u Ljubljani i IV maja 1968 godine u Sarajevu, i uvažavajući stalni porast interesovanja i sve značajnije i zrelije stručne i naučne priloge, savetovanja proizvodnog mašinstva čini se da odista prerastaju u jednu pozitivnu tradiciju uzajamnog otvaranja nauke i prakse."

"Pritom valja istaći neke momente:

- (i) društvene cilje postavljene reformom i ambicije da se 1975 godine dostigne realni nacionalni dohodak od 1.000 dolara po stanovniku, i time predje u industrijsko društvo,
- (ii) značaj i mesto metalnog kompleksa u opštem industrijskom naporu zemlje, sa svojim učešćem od gotovo 27%,
- (iii) udeo proizvodnog mašinstva u metalnom kompleksu kao skupa postupaka, sredstava i metoda organizovanja za realizaciju raznovrsnih proizvoda ovog sektora, od konstrukcijski razradjene ideje kao ulaza do energetskih, transportnih i radnih mašina, uređaja i ostalih roba ove skupine spremne za plasman kao izlaza,
- (iv) eksplozivna ekspanzija znanja i tehnologije koja, respektujući međunarodnu konkurenciju u oblasti metalske industrije, i bez obzira na stepen eventualno razvijenog međunarodnog partnerstva dovodi do veoma ubrzanog moralnog rabaćenja zatečenog i danas aktuelnog znanja i do potrebe za stalnim njegovim osvežavanjem i obnavljanjem, i
- (v) mesto i uloga istraživačkog i razvojnog napora, intimno spregnutog sa ciljevima društvenog i privrednog napredovanja."

"Time se dolazi i do nekih argumenata za značaj savetovanja proizvod-

nog mašinstva, koja, pod pretpostavkom povezanosti i određenog stepena usaglašenosti domaćeg naučnoistraživačkog i razvojnog napora u ovoj oblasti sa privrednim kretanjima i postavljenim anticipacijama, predstavljaju, pored niza ostalih formi komunikacija, jednu od takvih mogućnosti. Ne želeći oduzimati vreme ovim razmatranjem, slobodan sam da skrenem pažnju na neke navode u mom uvodnom napisu u devetom broju "Saopštenja IAMA" koji smo posvetili ovom Savetovanju i jutros predali svim učesnicima."

"Oblast proizvodnog mašinstva je veoma široka, te se posle prvog Savetovanja pokazalo da ove stručno-naučne skupove treba programski usmeravati, orijentišući se na svakom na najviše tri izabrana područja. Ta su područja u slučaju ovog Savetovanja alatne mašine, automatizacija sa upravljanjem i obrada rezanjem, s time da će naredno Savetovanje - a nadamo se da ćemo na kraju Savetovanja moći dati preliminarnu informaciju o istom - biti posvećeno drugim izabranim oblastima."

"Nadalje smo se u Zajednici dogovorili da modernizujemo savetovanja na način što bi se šire i aktivnije u rad uključio ceo skup prenošenjem težišta na manji broj kraćih koreferata, diskusiju, postavljanje problematike i programskih pitanja i sa, što je od posebnog značaja, stručnom i naučnom kritikom prihvaćenom kao osnovni element ovakvih savetovanja. Da bi se ovo omogućilo, dostavili smo dve knjige Zbornika sa svim radovima prihvaćenim u program Savetovanja na više od mesec dana unapred svim registrovanim učesnicima, pri čemu se na kritički način celokupna materija rekapitulira u uvodnim referatima. U kojoj je meri ova orijentacija ne samo ispravna već i zrela za uvodjenje u život pokazaće naš rad kroz ova dva dana, a mi bi želeli da možemo da se nadamo najboljim rezultatima."

Posle toga su iznete informacije o izložbama publikacija i proizvoda nekih domaćih proizvođača alata, demonstraciji eksperimentalnih ispitivanja, o poseti Fabrike automobila "Crvena Zastava" i druge napomene.

PRILOG V - Na završetku rada V Savetovanja, Prof. Vladimir Š o l a - j a, dipl.ing., dao je sledeći zaključni osvrt:

"Ovim smo naš dvodnevni intenzivan rad na V Savetovanju proizvodnog mašinstva, verujem da smem da kažem, sa velikim uspehom doveli do kraja."

"Čini mi se da se posle V Savetovanja može konstatovati osetan trend

kako porasta vrednosti informacija iznošenih na našim savetovanjima , tako i odziva širokog kruga stručnjaka iz cele zemlje. Podatak o tri-desetak diskusionih priloga i o nizu interesantnih i mahom kontrover-znih pitanja i stavova na koje će verovatno i pismenim putem biti od-govoreno u predviđenom roku, kao i činjenica da je od oko 370 učes-nika gotovo tri četvrtine iz privrednih organizacija metalske grupa-cije, i da je Savetovanje završeno uz jedan impozantan auditorijum, uprkos angažovanosti učesnika na hitnim operativnim zadacima svojih organizacija i ne baš povoljnim klimatskim uslovima, čini se da u zna-tnoj meri opravdavaju naša nadanja i afirmišu naša nastojanja. Isto-vremeno se stvaraju nove, veoma ozbiljne i društveno odgovorne obave-ze inicijatoru savetovanja, Zajednici jugoslovenskih naučnoistraživa-čkih institucija proizvodnog mašinstva i direktnim organizatorima, i to ne samo na planu pozitivne selekcije, nivoa i aktuelnosti prezen-tovanih informacija, već posebno u fazi dugotrajnog i veoma teškog procesa uspostavljanja najperspektivnije programske orijentacije is-traživačko-razvojne aktivnosti i kreativnog napora koji dovodi do no-vih znanja i aplikacija. Samo taj, pošteno, uporno i odgovorno plani-rani i sprovedjeni proces opredeljuje i vrednost izlaza - u našem slu-čaju, priloga na savetovanjima."

"U rezimeu dvodnevnog rada bilo bi neskromno sa moje strane davati ne-ke generalne ocene - ali, uz isticanje da kompleks tehnologije maši-nogradnje i tehnološke organizacije nije bio zastupljen na V Saveto-vanju, moguće je istaći bar dve uspostavljene dileme na ovogodišnjem skupu."

"Jedna od dilema iskrsla je na terenu odnosa izmedju tereta svakodnevnne naše prakse - a usudio bih se reći i pri nedovoljnoj kon-centraciji znanja i umenja u kompleksu metaloprerade i modernog indu-strijskog privredjivanja - i novih tendencija, koncepata i vizija bu-dućnosti, što, valja istaći, ne predstavlja samo intelektualni izazov. Kontroverze na ovom planu došle su do izražaja na ovom Savetovanju, a moje je mišljenje da je to u principu dobro, jer, prihvatimo li real-nost dijalektičkog mehanizma razrešavanja suprotnosti kao efikasnog sredstva za napredovanje, novo se afirmiše samo borbom sa starim, u toku njegovog prevazilaženja. Bez obzira da li se time ugrožavaju po-zicije srednje i starije generacije, moguće teže prilagodljive inova-cijama i revolucionarnim promenama u idejama, načinu mišljenja, meto-dama, a takodje i sredstvima, nego što je to slučaj sa mladjom, manje opterećenom postojećim i moguće ambicioznijom, a samim tim i perspek-

tivnijom, značajnog cilja može biti vredan napor da se trasiraju optimalni putevi koji će u dužnoj meri respektovati i realnosti današnjice, opterećene u dobroj meri inercijom prošlosti, kao i nesporne anticipacije budućnosti."

"Drugi se krug dilema zaklapa oko istaknutih kontroverzi u pogledu prioritarnog usmeravanja glavnih prodora - posmatrano sa stanovišta moguće isključivosti - na linijama novih koncepata i realizacija u oblasti obradnih jedinica i lanaca, njihove automatizacije, kompjuterizacije i uklapanja u komplekse upravljanja velikim sistemima ili elementarnih ulaza u takve sisteme, na primer informacije o obradljivosti i kriteriji za tehnoekonomske parametre rezanja. Uz neophodnost da se ustanovljeni pristupi od vremena Taylor-a i nekih docnijih autora modernizuju i revolucionišu - a naponi u tom smislu su očigledni i kroz neka saopštenja na Savetovanju - bez dovoljnih i pouzdanih ulaznih informacija i adekvatno definisanih zakonitosti neće verovatno ni obradni sistemi moći biti dovodjeni na nivoe optimalne tehnoekonomske efektivnosti, pa i elementarne funkcionalnosti. Iznalaženje i održavanje prave mere u našim budućim orijentacijama, proširujući to i na značajna dostignuća u nas u oblasti metoda tehnološkog organizovanja, verovati je da može i u ovom slučaju dovesti do optimalnih, neekstremnih solucija."

"U celini posmatrajući proteklo Savetovanje, njegov domet i moguće efekte, bez sumnje bi valjalo čestitati autorima onih priloga koji znače stvaran stručno-naučni doprinos na njihovim uspešnim prodorima u svet nepoznatog, a onima manje uspešnim poželeti više intuicije, upornosti i uspeha u budućim nastojanjima. Odati priznanje treba i svim učesnicima u diskusiji na njihovim priložima, pokrenutim pitanjima i na eventualnom iniciranju novih ideja. Konačno, treba zahvaliti svim organizacijama koje su, uočavajući očiglednu aktuelnost i korist ovakvih stručno-naučnih skupova našle podstreka da upute velik broj svojih najprogresivnijih članova u Kragujevac. Ukoliko je pritom Savetovanje ispunilo i deo očekivanja pretežnog broja učesnika, mi kao organizatori i domaćini možemo biti veoma zadovoljni. Svakako da bi valjalo insistirati na budućim savetovanjima proizvodnog mašinstva na sve ozbiljnijim konfrontacijama nauke i prakse, na njihovom uzajamnom otvaranju, na kritičkoj i što objektivnijoj valorizaciji urađenog i na vidovitom prognoziranju onih pravaca domaćeg istraživačkog napora u oblasti proizvodnog mašinstva koji pružaju najviše obećanja."

"Koristim priliku da upoznam skup sa dogovorom Zajednice jugoslovens-

kih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva da organizaciju narednog, VI Savetovanja proizvodnog mašinstva poveri Institutu za alatne strojeve, Zagreb. O tačnom mestu i vremenu VI Savetovanja, u proleće 1970 godine, Institut za alatne strojeve će blagovremeno informisati sve zainteresovane, dok se predviđaju tri nove oblasti proizvodnog mašinstva: tehnologija mašinogradnje, obrada plastičnom deformacijom i industrijska organizacija. Sa nadom da će VI Savetovanje značiti dalje unapredjenje naše plemenite akcije, slobodan sam da još jednom zahvalim svima učesnicima i autorima na uloženom trudu i strpljenju, a predlažem da domaćinu Savetovanja, Odeljenju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu izrazimo naše puno zadovoljstvo i priznanje ukazanom gostoprimstvu."

"Sa željom da se iznova, moguće u još većem broju okupimo na VI Savetovanju proizvodnog mašinstva, molim predsedavajućeg, druga Antona C r n e k u, dipl.ing., direktora Instituta za alatne strojeve, Zagreb, i organizatora VI Savetovanja da zaključi rad našeg V Savetovanja."

Potom je predsedavajući, drug Anton C r n e k a, dipl.ing., zaključio rad V Savetovanja proizvodnog mašinstva, zahvaljujući autorima, učesnicima i organizatoru na uloženom naporu i interesu i pozivajući sve na VI Savetovanje proizvodnog mašinstva u proleće 1970 godine.

V. Š.



P. Stanković x)

MAŠINE ALATKE - UVODNI REFERAT xx)

1. Uvod

Sve veći kvalitativni i kvantitativni porast industrijske proizvodnje u svetu i kod nas uslovio je i odgovarajući razvoj proizvodne opreme. Mašine alatke, kao jedan od osnovnih faktora te opreme u mašinogradnji, sledjući taj razvoj, morale su pri tome, da bi zadovoljile sve šire zahteve, izaći iz uskih okvira čisto mašinskih konstrukcija i rešenja i prihvatiti i primeniti u tom razvoju i druge discipline i grane tehnike kao: elektrotehniku, posebno elektroniku, hidromehaniku, pneumatiku, kibernetiku, optiku i dr., koristeći pri tome sve više naučne i naučno-istraživačke metode i poslednja dostignuća na polju teorijskih disciplina i eksperimentalne tehnike.

Glavni uslovi, koje jedna mašina alatka treba da ispuni, mogu se uglavnom svesti na tri osnovna uslova: tačnost, proizvodnost i ekonomičnost, pri čemu redosled tih uslova može biti različit u zavisnosti od namene mašine i uslova rada. Razvojne tendencije mašina alatki, makoliko različite i kompleksne, mogu se u krajnjoj liniji svesti na ova tri istaknuta uslova.

Korišćenjem klasične podele mašina na one za obradu rezanjem i na mašine za obradu bez rezanja, mogu se današnje tendencije razvoja mašina alatki odvojeno prikazati za obe ove grupe mašina.

2. Mašine za obradu rezanjem

Tendencije razvoja mašina alatki za obradu rezanjem postaju sve kompleksnije, obuhvatajući pored opštih razvojnih tendencija i posebne tendencije usmerene ka razvoju konstruktivnih elemenata i sklopova.

x) Dr. Pavle Stanković, dipl.ing., redovni profesor Mašinskog fakulteta, naučni savetnik Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, ul. 27. marta br. 80

xx) Uvodni referat za oblast mašina alatki na V Savetovanju proizvodnog mašinstva

Sledeće, grupisane tendencije, mogu se pri tome smatrati kao glavnije a ne kao jedine.

Eksploatacijske tendencije. - Ova grupa obuhvata izbor režima obrade s obzirom na glavne karakteristike mašina, postavljanje optimalnog plana održavanja mašina, postavljanje kriterijuma za zamenu dotrajalih mašina, izbor povoljnijih pogonskih materijala za eksploataciju mašina.

Koncepcijsko-eksploatacijske tendencije. - Za razliku od prethodne grupe, gde se za postojeću mašinu ispituju optimalni eksploatacijski uslovi, tendencije ove grupe imaju za cilj da se koncepcija mašine prilagodi očekivanim eksploatacijskim uslovima. Ovde spada tendencija optimalnog uskladjivanja koncepcije mašine proizvodnom zadatku, povećanje eksploatacijskog veka mašine odgovarajućim izborom materijala i odgovarajućim dimenzionisanjem elemenata.

Opšte koncepcijske tendencije bile bi uglavnom sledeće: gradjenje familija umesto usamljenih tipova, sa što većim brojem zajedničkih elemenata, gradjenje agregatnih mašina, pojedinačni pogon za pojedina kretanja, za slučaj nezavisnog glavnog i pomoćnog kretanja, povećanje stepena zbijenosti konstrukcije, povećanje tehnološkičnosti konstrukcije mašine.

Kvalitativno povećanje glavnih karakteristika mašina. - Tendencije ove grupe obuhvataju: povećanje pogonske snage, obrtnog momenta, broja obrta glavnog vretena, povećanje statičke i dinamičke krutosti.

Povećanje stepena automatizacije. - Prelaz sa jednostavnijih vidova mehanizacije i automatizacije ka višim vidovima programskog i automatskog upravljanja doveo je i do novih vidova mašina, kao što su centri za obradu sa alatnim magacinom i sa numeričkim upravljanjem. Pored numeričkog upravljanja i njegove primene i kod mašina klasične osnovne koncepcije, razvoj adaptivnog upravljanja predstavlja isto tako novi korak u oblasti automatizacije mašina alatki.

Konstruktivni razvoj elemenata. - Pored tendencije primene što većeg broja standardnih elemenata, razvoju pojedinih konstruktivnih elemenata posvećuje se sve veća pažnja. Ovde se može spomenuti razvoj novih sistema ležišta i vodjica na hidrostatičkom i aerostatičkom principu, oblaganje vodjica plastičnim materijalima, zamena kliznih vodjica vodjicama sa kotrljanjem, povećanje krutosti glavnih vretena, hi-

drostatičko vodjenje zavojnih vretena, konstruktivna rešenja u cilju eliminisanja zazora kod zavojnih vretena, razvoj kontinualnih prenosnika i njihovo kombinovanje sa stupnjevitim, razvoj tehnike mernih i kontrolnih uređaja kao sastavnih delova mašine.

Razvoj u oblasti instalacija. - Dalji razvoj i usavršavanje i sve šira primena električnih, hidrauličnih i pneumatskih instalacija i njihovih elemenata, posebno u vezi sa automatizacijom.

Tendencija povećanja sigurnosti i pouzdanosti u radu. - Ova tendencija obuhvata usavršavanje sistema zaštite na radu kao i tendenciju razvoja oblasti zaštite na radu kao posebne stručno-naučne discipline, zatim razvoj sistema za zaštitu mašine od preopterećenja.

Razvoj metoda za ispitivanje mašina alatki. - Kao jedno od glavnih sredstava i neminovni pratilac kvalitativnog razvoja mašina alatki javljaju se i razvijaju se metode i instrumentacija za ispitivanje mašina. Posebno metode za usavršavanje kriterijuma za kvalitativni prijem mašina alatki, za ispitivanje statičke i dinamičke krutosti, za ispitivanje bilansa snage i proizvodnosti, za ispitivanje elemenata, sklopova i cele mašine pod laboratorijskim uslovima i u radu.

3. Mašine za obradu bez rezanja

Mašine za obradu bez rezanja, mada po broju mašina zaostaju za mašinama za obradu rezanjem, u sve većoj meri, možda sporo ali sigurno osvajaju svoje mesto u modernoj industrijskoj proizvodnji. Pri tome, s obzirom na njihov karakter, predstavljaju veoma pogodne mašine za velikoserijsku i masovnu proizvodnju. Dok su u početnom stadijumu svoga razvitka mašine ove grupe predstavljale skoro isključivo mašine za prethodnu obradu, njihov dalji razvoj, posebno kvalitativni, omogućio je sve veću primenu tih mašina i za završnu obradu.

Kao i kod mašina za obradu rezanjem, i kod mašina za obradu bez rezanja ističu se tri osnovna uslova: tačnost, proizvodnost i ekonomičnost, pri čemu se još kao dopunski uslov može istaći - sigurnost pri radu, koji kod ove grupe mašina ima još veći značaj u odnosu na mašine prve grupe, s obzirom na specifičnost rada ovih mašina.

Od posebnih tendencija mogu se uglavnom zapaziti iste one glavne tendencije koje su bile istaknute za mašine za obradu rezanjem. Pored ovih uočljive su još i sledeće:

Razvoj novih tehnoloških metoda. - Izrada zupčanika plastičnom deformacijom uz relativno kotrljanje, dalji razvoj metoda statičko-dinamičkog kovanja, razvoj metoda obrade plastičnom deformacijom pri velikim brzinama deformisanja, razvoj metoda plastičnog deformisanja pomoću električnog pražnjenja, pomoću magnetnih impulsa, hidrostatičko deformisanje i dr.

Povećanje stepena neprekidnosti procesa. - Povezivanje više mašina u mašinski niz, razvoj mašina sa sistemom grejanja u samoj mašini, sistemi za brzu promenu alata na presama.

S obzirom na širinu oblasti u kojoj se kreću današnje tendencije razvoja mašina alatki, izbor najmerodavnijih tendencija predstavlja delikatan i složen zadatak. Ovo naročito stoga, što pojam "savremena mašina", u vezi sa savremenim tendencijama, ne predstavlja jednoznačan pojam opšte važnosti, već je on u znatnoj meri podložan uslovima proizvodnje. Pri tome jedna savremena mašina ne mora da obuhvati sve one elemente koji bi bili u skladu sa savremenim tendencijama razvoja mašina alatki, pošto se savremenost mora odnositi na konkretne proizvodne uslove uz što potpunije zadovoljenje ranije istaknuta tri osnovna uslova. Ovakvo posmatranje trebalo bi da posluži kao osnovni kriterijum kako bi izboru koncepcije jedne mašine od strane konstruktora, tako i pri izboru mašine od strane korisnika.

4. Prikaz radova

Za V Savetovanje proizvodnog mašinstva prezentirano je iz oblasti Mašina alatki 18 radova iz različitih grana ove oblasti, pri čemu 17 radova pripadaju oblasti mašina za obradu rezanjem, dok 1 rad oblasti mašina za obradu bez rezanja. Sledeći kratak osvrt na ove radove, koji predstavljaju opšti presek kroz naučna dostignuća koja se iz pomenute oblasti iznose na današnjem Savetovanju, treba istovremeno da pokaže u kojoj smo se meri uklopili u opšte i posebne razvojne tendencije i koliki je naš doprinos tome razvoju.

4.1. Mašine za obradu rezanjem

Oblast eksploatacijskih problema:

M. Nedeljković - Rezultati eksperimentalnih ispitivanja s osnovom na dopunski kriterijum za izbor mazivog fluida stupnjevitih prenosnika

alatnih mašina.

U ovom radu prikazani su rezultati eksperimentalnog ispitivanja uticaja mazivog fluida na energetske gubitke pri nestacionarnom i stacionarnom temperaturnom stanju, na stepen iskorišćenja prenosnika za glavno kretanje, na temperaturne pojave u mazivu, na temperaturne deformacije glavnog vretena, na vibracije kao i na šum pri praznom hodu. Kao referentna mašina za ova ispitivanja uzet je univerzalni strug sa stupnjevitim prenosnikom.

Pri posmatranju evolventnih zupčastih parova u kinematskom lancu uočena je promenljivost uslova trenja i podmazivanja duž aktivnog dela profila zupca, pri čemu se gubitak snage pri sprezanju evolventnog para sastoji iz gubitaka na trenje metalnih zona i na gubitak usled hidrodinamičkog trenja. Ispitivanjem perioda zagrevanja prenosnika za glavno kretanje utvrđena je zavisnost konstantnih gubitaka od vremena zagrevanja i temperature mazivog fluida u nekoj posmatranoj tački sistema za podmazivanje. Slika 1 u radu prikazuje eksperimentalnu zavisnost snage praznog hoda P_0 od vremena zagrevanja t i od temperature maziva T , pri čemu se može uočiti monotono opadajući karakter ovih zavisnosti. Ispitivanja su proširena i na različite brojeve obrta glavnog vretena i konstruisane su krive stepena iskorišćenja.

Rad se može smatrati interesantnim, naročito s obzirom na zaključke važne za praksu, pri čemu bi nastavak istraživanja u započetom pravcu bio od koristi u cilju proširenja važnosti dobijenih zaključaka.

Oblast konceptijsko-eksploatacijskih problema:

P. Stanković - Principi tipizacije mašina alatki s obzirom na njihovo eksploatacijsko iskorišćenje.

Rad obuhvata rezultate ispitivanja uskladenosti između proizvodnog zadatka i mašine u cilju iznalaženja optimalnih uslova iskorišćenja mašine. Analiza uskladenosti vršena je korišćenjem izvesnog broja definisanih pokazatelja iskorišćenja od kojih su glavni: stepen složenosti obrade, eksploatacijski stepen iskorišćenja kao proizvod parcijalnih stepena iskorišćenja, stepen stabilnosti radnih predmeta. Jedan od osnovnih principa, korišćen pri postavljanju tipizacije mašina alatki bio je i princip formiranja familija mašina alatki.

Primenom postavljenih pokazatelja, uz korišćenje obimnih statistički dobijenih podataka, dobijena je kompleksna slika iskorišćenja mašina. Slika 2 u radu prikazuje za univerzalni strug raspodelu vrednosti par-

cijalnih proizvodnih stepena iskorišćenja, čiji proizvod daje veličinu eksploatacijskog stepena iskorišćenja. Na slici η_{a_1} odgovara proizvodnom stepenu dimenzijskog iskorišćenja, η_{a_2} proizvodnom stepenu režimskog iskorišćenja, dok η_{a_3} proizvodnom stepenu energetskog iskorišćenja, pri čemu je f procentualna učestanost. Može se uočiti da se proizvodni stepeni, posebno energetskog iskorišćenja, grupišu oko malih vrednosti, što ima za posledicu i male vrednosti eksploatacijskog stepena iskorišćenja.

Daljim ispitivanjem faktora zapreminske i površinske proizvodnosti nadjeni su optimalni uslovi iskorišćenja mašina i upoređeni sa stvarnim. Na osnovu toga su mogle biti postavljene i optimalne glavne karakteristike za članove familija mašina i to za različite vrste mašina za obradu rezanjem i bez rezanja, čime je, s jedne strane, postavljena konkretna osnova za tipizaciju osnovnih karakteristika za glavne tipove i vrste mašina alatki u cilju orijentacije naše industrije mašina alatki ka projektovanju i proizvodnji onih mašina koje najbolje odgovaraju proizvodnim uslovima, dok je s druge strane, pri projektovanju tehnoloških procesa, omogućen optimalan izbor mašina.

B. Bendelja, A. Perić - Metode merenja iskorišćenja alatnih mašina za obradu rezanjem.

Rad tretira problem iskorišćenja mašina alatki u proizvodnim uslovima u okviru sprege: alat - mašina - radni predmet - čovek. Pri ovom razmatranju se koristi izraz za stepen proizvodnog iskorišćenja kao proizvoda stepena vremenskog i stepena režimskog iskorišćenja a u zavisnosti od faktora opterećenja mašine, iskorišćenja alata, snage, dimenzije mašine i režima.

Slika 1 u radu prikazuje vezu između stepena proizvodnog iskorišćenja i stepena režimskog iskorišćenja za različite vrednosti stepena vremenskog iskorišćenja. Stepen vremenskog iskorišćenja mašine definisan je odnosom vremena rada mašine u normi prema ukupnom raspoloživom vremenu za rad u toku nekog vremenskog perioda. Stepen režimskog iskorišćenja mašine izražen je u zavisnosti od faktora režima i od vremenskih elemenata. Faktor iskorišćenja alata definiše se odnosom snimljenog koraka (posmaka) prema računskom koraku s obzirom na puno iskorišćenje alata, dok se faktor iskorišćenja snage mašine definiše odnosom iskorišćene prema instalisanoj snazi mašine. Faktor dimenzijskog iskorišćenja izražava se proizvodom odnosa iskorišćene i maksimalne dužine obrade i prečnika (za strug).

Prikazani rad predstavlja izvod iz metodologije za odredjivanje nivoa eksploatacije mašina i kao takva je našla primenu pri izvodjenju odgovarajuće naučnoistraživačke teme.

Pošto se dimenzijsko, režimsko i energetska iskorisćenje mašina, s obzirom na definicije pojedinih faktora, odnosi na vremenski period koji odgovara jednoj operaciji ili izradi jednog radnog predmeta, dok se vremensko iskorisćenje meri u određenom vremenskom periodu (dan, nedelja, mesec, godina), to bi se moglo postaviti pitanje koji deo toga vremena ulazi u izraz za stepen vremenskog iskorisćenja. Inače ovaj rad pokazuje da se pitanju iskorisćenja mašina alatki posvećuje sve veća pažnja i pridaje sve veći značaj, i kao takav rad predstavlja koristan prilog ovoj oblasti.

M. Nedeljković - Pristup istraživanju uticaja spornih stohastičkih tar-nih procesa na eksploatacijsko ponašanje alatnih mašina.

Pod gornjim naslovom obradjuje se pitanje promene kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika alatnih mašina u toku eksploatacijskog perioda, kada se radna sposobnost tih mašina u nekom posmatranom trenutku može posmatrati kao slučajna funkcija niza uticajnih faktora.

Za izražavanje stepena i karaktera promene eksploatacijskih karakteristika u zavisnosti od vremena uzeta su kao merila: eksploatacijska pouzdanost i radna postojanost. Pouzdanost, izražena koeficijentom pouzdanosti, definiše se u zavisnosti od intenziteta zastoja i kvarova, kao i u zavisnosti od vremenskog perioda između dva uzastopna zastoja u radu. Radna postojanost, izražena koeficijentom radne sposobnosti, karakteriše fizičku trajnost i sposobnost obavljanja radnih funkcija uz minimalne neophodne aktivnosti održavanja ove postojanosti. Slika 1 u radu prikazuje zakonitost promene proizvodnih sposobnosti i karakteristika za nove mašine $\Theta_p(t)$ i za mašine u eksploataciji $\Theta_{pr}(t)$, pri čemu njihova razlika $\Theta(t)$ daje disproporciju između proizvodnih sposobnosti nove, savremene opreme i postojeće.

U vezi slike 3 u radu moglo bi se primetiti da kriva $\Theta_p(t)$, koja izražava zakonitost promene proizvodnih sposobnosti (usled tehničkog progressa) ne može, za određeni vid proizvodnje i za određene proizvodne uslove za koje se uporedjenje sa postojećom opremom vrši, pokazati takav porast kao na slici.

Pitanje promene eksploatacijskih karakteristika mašina alatki predstavlja važan ali i kompleksan problem koji zaslužuje punu pažnju, poseb-

no s obzirom na naše eksploatacijske uslove. Stoga i ovaj prilog, koji postavlja izvesnu orijentaciju i putokaz u daljem rešavanju ovog problema, zaslužuje punu pažnju i potporu za nastavak napora na ovom polju na kome ima još dosta otvorenih pitanja kao: karakter promene karakteristika mašina u eksploataciji i kriterijum za remontne intervencije, odnosno za zamenu mašina.

Oblast kvalitativnog poboljšanja osobina i karakteristika mašina:

V. Milačić - Prinudne i samopobudne vibracije alatnih mašina.

U ovom radu se pored uporednog i kritičkog prikaza dosadašnjih teorija nastanka samopobudnih vibracija iznose neki rezultati istraživanja autora iz ove oblasti, uz novi prilaz rešavanju ovog problema.

Pored posrednog načina, koji bazira na analizi obradjene površine, identifikacija prinudnih i samopobudnih vibracija može se vršiti i direktno praćenjem dinamičkog ponašanja noseće konstrukcije alatne mašine. Tada se analizom oscilovanja mašine u procesu rezanja mogu identifikovati režim, i stabilnog i nestabilnog rada mašine. Autor je na ovaj način izvršio kompleksnu analizu jedne horizontalne glodalice i kao primer prikazuje se ovde statistička identifikacija dinamičkog ponašanja radnog stola. Pri tome se pokazalo da je u oblasti stabilnog rada mašine dominantan uticaj učestanosti po zubu, što se dobija iz vremenskih i korelacijskih funkcija, dok je u nestabilnom području dobijen izrazit uticaj sopstvenih učestanosti radnog stola. Slika 12 u radu prikazuje statističku identifikaciju samopobudnih vibracija pri glodanju, gde A_S označava amplitudu stola, R_{SS} korelacionu funkciju stola a τ vremenski pomeraj.

Rad je interesantan, posebno s obzirom da je proces vibracija posmatran ne deterministički, već u vidu slučajnih pojava. Stoga bi bilo preporučljivo da se radovi u tom pravcu nastave u cilju dobijanja i opštijih, šire važećih zaključaka u pogledu dinamičke identifikacije alatnih mašina.

M. Kalajdžić - Jedan način određivanja dinamičke stabilnosti alatnih mašina.

U ovom radu se prikazuje metoda određivanja dinamičke stabilnosti mašina u toku procesa rezanja preko tzv. granične strugotine. Pri tome se vrši direktno u procesu ispitivanja merenje broja obrta glavnog vrtena, snage pogonskog motora, apsolutnog pomeranja, kao i vibracije nosača alata u horizontalnom pravcu, dok se indirektno preko dužine

obrade određuje dubina rezanja. Pri ispitivanju je vršena obrada korisnih opitnih komada, kako bi se obezbedilo konstantno povećanje poprečnog preseka strugotine i pogonske snage elektromotora.

Na slici 2 u radu prikazan je tipičan primer zapisa apsolutnih pomeraja vibracija na nosaču alata i trenutnog broja obrta glavnog vretena struga. Na dijagramima, koji su snimljeni za različite uzdužne položaje noža, odnosno za različite dubine rezanja, mogu se uočiti prinudne vibracije nastale kao posledica neuravnoteženosti obrtnih masa delova mašine, kao i samopobudne vibracije koje se pojavljuju u jednom trenutku pri povećanju dubine rezanja. Tada nastaje nagli skok amplituda, karakterističan zvuk mašine, promena izgleda obradjene površine i promena izgleda strugotine. Ovaj postupak, pri kome je za granicu dinamičke stabilnosti usvojena granična dubina rezanja koja odgovara nastanku samopobudnih vibracija, proveren je i eksperimentalno.

S obzirom na relativnu jednostavnost, metoda predstavlja interesantan prilog rešavanju problema dinamičke krutosti mašina a posebno praktičnom ispitivanju, pri čemu je obuhvaćen širi opseg uticaja sa jednostavnom aparaturom.

V. Šolaja, B. Gligerić - Istraživanje neravnomernosti spore translacije.

U ovom radu se tretira jedan poseban problem vibracija, poznat pod imenom Stick-Slip, koji se javlja pod određenim uslovima pri sporoj translaciji klizača i stolova mašina alatki. Ova pojava je karakteristična po režimu suvog i graničnog trenja, pri prelazu iz mirovanja ka kretanju, kada se koeficijent trenja naglo smanjuje, usled čega kretanje klizača postaje neravnomerno.

Ispitivanje ove pojave, koja negativno utiče na tačnost rada mašine, odnosi se na određivanje kritične brzine s obzirom na prigušivanje u sistemu, pri čemu je, pored ostaloga, bitna i uloga statičkih i kinetičkih frikcijskih karakteristika.

Rad predstavlja rezultate konkretnog ispitivanja radnih stolova teških horizontalnih bušilica u cilju eliminisanja podrhtavanja. Teorijsko izračunavanje kritične brzine vršeno je određivanjem osnovnih parametara sistema formiranjem pomoćnih funkcija uz primenu grafoanalitičke metode. Eksperimentalna ispitivanja vršena su na mašinama variranjem vrste maziwa, specifičnog pritiska, kvaliteta površine, kao i drugih faktora, dok su kao merne veličine usvojene: koeficijent sta-

tičkog trenja u zavisnosti od vremena zastoja, koeficijent kinetičkog trenja u zavisnosti od brzine i veličine skoka. Slika 4 u radu prikazuje jedan od karakterističnih oscilograma promene elastične sile za tri brzine pogona. Kod malih brzina (1 - 5 mm/min) uočava se tipično prekidno kretanje, koje pri daljem povećanju brzine pogona stola prelazi u ravnomerno kretanje.

Iako su ispitivanja vezana za konkretne mašine, dobijeni rezultati imaju i širi značaj i kao takvi predstavljaju koristan doprinos rešavanju problema neravnomernosti kretanja pri sporoj translaciji i to kako sa teorijskog, tako i sa praktičnog gledišta.

Oblast konstruktivnog razvoja elemenata

D. Nikolić - Dinamičko ponašanje glavnih vretena strugova u procesu rezanja.

Rad tretira pitanje statičke i dinamičke krutosti glavnih vretena s obzirom na pravac dejstva otpora rezanja u odnosu na elastični sistem.

Pomoću eksperimentalnog uređaja vršena su ispitivanja krutosti za razne relativne položaje elastičnog sistema u cilju analize dinamičkog ponašanja toga sistema: ležište - glavno vreteno - konzolno stegnuto opitni komad, pri čemu su kao osnovne karakteristike dinamičkog ponašanja sistema uzete veličine amplituda relativnog pomeranja opitnog komada u odnosu na alat i amplitude apsolutnog pomeranja glavnog vretena. Na osnovu dobijenih snimaka amplituda pomeranja konstruisani su dijagrami maksimalnih amplituda relativnog pomeranja i apsolutnog pomeranja u procesu rezanja. Dijagram pomeranja elastičnog sistema, koji se odnosi na statičko ponašanje sistema, dat je na slici 7 u radu, gde su pomeranja nanošena u pravcu radijusa, dok se pravci dejstva sile menjaju između 0 i 360°, pri čemu je za svaki pravac dejstva sile vršeno zaokretanje glavnog vretena. Rezultati merenja amplituda, pored ostaloga, pokazuju da su amplitude relativnih pomeranja gotovo uvek veće u ravni upravnoj na ravan noža u odnosu na amplitude u ravni noža, što naročito dolazi do izražaja u slučaju rezonanse.

S obzirom da problem krutosti glavnih vretena predstavlja još nepotpuno rešen problem, ova studija se može okvalifikovati kao interesan doprinos u tom pravcu i stoga bi nastavak istraživanja i proširenje na različite konstrukcijske varijante glavnih vretena omogućilo i postavljanje opštijih zaključaka, posebno s obzirom na konstrukcijske uticaje.

F. Roethel - Hidrostatička ležišta kod mašina alatki.

Ovim radom, koji je posvećen hidrostatičkim ležištima i vodjicama, autor želi da ukaže industriji kako i gde se hidrostatička ležišta i vodjice mogu primeniti. Pri tome je prikazan i tok proračuna na jednom primeru.

Tok proračuna obuhvata određivanje potrebne količine ulja kao i nosivosti jedne komore, pri čemu su uzeti u obzir i gubici u ležištima, kao i elementi merodavni za dimenzionisanje komore, kao što je zazor između ležišta i rukavca i dr. U vezi sa prikazanim proračunom dat je i kratak opis domaće konstrukcije hidrostatičkih ležišta, koja je našla primenu na jednoj brusilici. Principijelna šema hidrostatičkih ležišta prikazana je na slici 9 u radu, gde jedan pumpni agregat dovodi ulje u ležišta i vodjicu preko odgovarajućih prigušnih ventila. U radu su dalje naglašene prednosti i polje primene hidrostatičkih ležišta, posebno kod agregata za brušenje, kao i kod ležišta i vodjica kod kojih se menja smer okretanja.

S obzirom na značaj hidrostatičkih ležišta i vodjica kod mašina alatki, ovaj rad predstavlja koristan doprinos, posebno s obzirom na prikaz iskustva stečenog iz ove oblasti.

I. Grebenc - Prigušenje oscilacija u hidrauličnom cilindru.

Posle prikaza uticaja koji izazivaju oscilovanje u hidrauličnom sistemu mašina alatki, predlažu se mere za prigušenje oscilacija. U tom smislu prigušenje oscilacija pumpe može se postići ugradnjom hidrauličnog akumulatora, dok se za prigušenje oscilacija razvodnika, gde oscilacije nastaju zbog velike brzine njegovog dejstva, predlažu takvi sistemi razvodnika, koji bi imali brzinu prilagodjenu ovoj okolnosti.

U celini posmatrano, uzroci koji izazivaju oscilovanje su mnogobrojni, pri čemu se pojavljuju i mehaničke oscilacije koje se prenose na hidraulični sistem. Za smanjenje ili otklanjanje hidrauličnih oscilacija postoje dve mogućnosti. Prva je u tome da se pomoću regulacijskog kola sa povratnom spregom kompenzuju oscilacije, dok se druga mogućnost sastoji u ugradnji prigušnih elemenata. Prvo rešenje daje bolje rezultate ali je skuplje, dok je drugo rešenje jednostavnije ali povlači za sobom izvestan gubitak energije. Posle opisa različitih sistema za prigušivanje, dat je opis izvedenog prigušnog sistema. Ovaj sistem, slika 1 u radu, deluje dvostrano na hidraulični cilindar. Po-

vezivanje leve i desne strane prigušnog sistema moguće je ili preko prigušnog ventila ili preko razvodnika. Na kraju rada dati su neki proračunski, brojni podaci izvedenog prigušnog sistema.

Rad predstavlja izvestan napredak u rešavanju problema oscilacija hidrauličnih sistema, koji spada u važnu ali, kako se i u zaključku rada konstatuje, još nedovoljno ispitanu oblast.

R. Albijanić - Mogućnost korišćenja digitalne tehnike pri rešavanju mernih lanaca.

U ovom radu daje se metodološki pristup mogućnosti korišćenja digitalne tehnike pri proračunu mernih lanaca.

Prikaz proračuna mernih lanaca baziran je na principima statistike i verovatnoće, pri čemu se pretpostavlja konstantnost prenosnih odnosa pojedinih članova, što u stvarnosti uvek nije slučaj. Zavisnost između završnog člana i pojedinih komponentnih članova, za slučaj da prenosni odnosi nisu konstantni, nalazi se korišćenjem metode statističkog modeliranja pomoću elektronskih računskih mašina (metoda Monte-Karlo). Ova metoda se zasniva na transformaciji vrednosti nezavisno promenljivih, koje variraju unutar graničnih odstupanja, u slučajno naizmenične brojeve rasporedjene u datom intervalu sa zadatim zakonom raspodele. Uzimanjem velikog broja naizmeničnih slučajnih brojeva mogu se pomoću elektronskog računara dobiti ekstremne vrednosti mere završnog člana i na osnovu velikog broja tih vrednosti može se nacrtati dijagram frekventne raspodele. Strukturna blok šema programa, za rešenje zadatka, prikazana je na slici 4 u radu, gde radnja počinje u bloku I ako se podje od pretpostavljenog zakona raspodele. U bloku II se određuju vrednosti zamišljenog člana, u bloku III se upoređuju vrednosti dobijene u bloku II i principom eliminacije se odabiraju ekstremne vrednosti. Završetak procesa se kontroliše blokom IV, dok se u bloku V vrši registrovanje u vidu štampanja tablice. U bloku VI se dijapazon rasipanja deli na jednak broj intervala, dok se u bloku VII klasifikuju računate vrednosti po intervalima. U bloku VIII se registruju sve ulazne veličine koje predstavljaju relativne frekvencije. Završetak procesa se kontroliše u bloku IX, dok se u bloku X registruje rezultat procesa u vidu diskretno frekventne raspodele.

Prikazana metoda omogućava da se, i za slučaj da ne postoji linearna zavisnost između završnog člana i pojedinih komponentalnih članova, odredi uticaj tih članova na završni član mernog lanca. Kao takva,

razvijena i postavljena metoda predstavlja koristan doprinos rešavanju mernih lanaca.

R. Jelatancev - Primena novijih magnetskih materijala u konstrukciji magnetskih naprava alatnih strojeva.

Glavna tema ovog rada, pored uvoda o prednostima keramičkih magnetskih materijala, su i pitanja dimenzionisanja elementarnih magnetskih sistema, skidanja radnog predmeta posle obrade, dimenzionisanja permanentnih magneta, magnetiziranja pomoćnih pribora sa keramičkim magnetima, kao i odredjivanja optimalnih magnetskih sistema.

U vezi odredjivanja optimalnog sistema navode se, kao potvrda važnosti ovog pitanja, rezultati ispitivanja sovjetskih autora, gde se, slike 8b i 8c u radu, prikazuje zavisnost sile pritezanja P_{ξ} od dimenzija polnih nastavaka a_{10} i $a_{\xi c}$, za magnetski stezač od keramičkog magneta.

Ovaj rad ubedljivo tretira pitanje prednosti primene magnetskih stezača pri gradnji pomoćnih pribora i kao takav zaslužuje pažnju.

Oblast povećanja sigurnosti

D. Henih - Buka alatnih strojeva u eksploataciji

Ovaj rad je posvećen ispitivanju buke kod alatnih mašina, pri čemu je ispitivanje buke vršeno ne kao do sada na novim mašinama, izolovano od buke okoline, već pod uslovima koji odgovaraju radu mašina u pogonu. Ova ispitivanja imala su za cilj da se konstruktorima alatnih mašina daju podaci o frekventnim područjima u kojima buka alatnih mašina u eksploataciji najviše i najčešće prelazi dozvoljene granice.

Baza za ocenu snimljene buke su ISO-NR krive u čiju mrežu se ucrtava snimljeni dijagram. Ispitivanja su vršena u radionicama koje su bile svrstane u tri osnovne grupe: mehaničke, brusione i stolarske radionice. Slika 2 u radu, prikazuje dijagram zavisnosti od frekvencije razlike u broju decibela za koju snimljeni dijagram u pojedinim oktavama prelazi graničnu krivu NR područja oštećenja sluha.

Rad s obzirom na važnost ispitivanja buke, ne samo sa stanovišta ispitivanja kvaliteta izrade mašina, već i sa stanovišta zaštite na radu, predstavlja interesantan doprinos, pri čemu se, međutim, može postaviti pitanje u kojoj meri dobijeni rezultati, s obzirom na prisutnost i drugih izvora buke, mogu da se pripisuju samim mašinama.

B. Mitić - Problemi koji se javljaju pri projektovanju sistema zaštite na alatnim mašinama.

Autor je u ovom radu obradio deo jedne oblasti koja u stručnoj literaturi još nije u potpunosti našla svoje mesto, ali koja predstavlja neminovni pratilac tehnoloških problema.

Postavljena kategorizacija opasnosti i sistema zaštite za mašine za obradu rezanjem predviđa tri osnovne kategorije opasnosti: mehaničke opasnosti, prateće opasnosti i energetske opasnosti, dok se sistemi zaštite dele na direktne i indirektne. U pogledu trajanja opasnosti, načinjena je podela na trajne i povremene opasnosti, pri čemu se formuliše stepen vremenskog angažovanja radnika u procesu obrade u zavisnosti od stepena automatizacije mašine. U zavisnosti od stepena angažovanosti izražen je stepen opasnosti na taj način, što teorijske vrednosti stepena opasnosti kod univerzalnih mašina teže beskonačnosti, dok kod automatskih mašina imaju konačne vrednosti.

Slike 2, 3 i 4 u radu prikazuju za univerzalnu, specijalnu i automatsku mašinu položaj dejstva zaštite u odnosu na područje zone rezanja. Kod univerzalnih mašina je zona dejstva sistema zaštite u okviru uže zone obrade, kod poluautomatske, specijalizovane mašine, izvan zone obrade, ali neposredno uz nju, dok je kod specijalne automatske mašine na većoj udaljenosti.

Prikaz problema zaštite na radu predstavlja interesantan podstrek za dalji rad na ovom, inače značajnom polju. Da bi se, međutim, ova tehnička oblast, koja ima tendenciju da se uvrsti ravnopravno među ostale grane mašinstva, u potpunosti afirmisala i na naučno-istraživačkom nivou, potrebno bi bilo da se pojedini parcijalni problemi, sagledani kao uticajni, podvrgnu detaljnijoj naučnoj interpretaciji u cilju iznalaženja pouzdanih rešenja koja bi, s jedne strane, respektovala zahteve higijensko-tehničke zaštite i, s druge strane, ekonomske obzire. U okviru pojedinačnih primedbi mogla bi se istaći nekompletnost kategorizacije vrsta opasnosti i sistema zaštite, posebno s obzirom na mašine za obradu bez rezanja i za obradu nemetala. Isto tako, stepen opasnosti, čija vrednost, prema autoru, može da teži beskonačnosti, nije dovoljno definisana.

Oblast razvoja metoda ispitivanja mašina:

I. Gantar - Neke karakteristike opitnog struga.

U radu dat je prikaz jednog opitnog struga kod koga su bili postavljene sledeći glavni zahtevi: isključenje sporednih uticaja, velika pogonska snaga, široka oblast regulisanja brzina, kontinualna promena brojeva obrta, velika oblast koraka pomoćnog kretanja.

U skladu sa ovim zahtevima, konstruisana mašina raspolagala je snagom pogorskog elektromotora od 20 kW, dok je oblast regulisanja brojeva obrta bila između 35 i 4400 o/min. Postolje ovog struga, čiji je presek prikazan na slici 2 u radu, znatno se razlikuje od postolja klasičnih strugova, pri čemu su vodjice vertikalne, što doprinosi boljem odvodjenju strugotina. Ispred radnog predmeta postavljen je zaštitnik protiv strugotina. Kod vreteništa struga je odvojen pogonski deo od radnog, dok je prednje ležište glavnog vretena dvoredno valjkasto u cilju postizanja velike dinamičke krutosti. Pomoćno kretanje, s obzirom na opšti karakter struga, izvedeno je samo pomoću vodećeg vretena postavljenog u sredinu postolja. Nosač alata je masivno gradjen a isto tako i držač noža, dok je nosač šiljka po krutosti konstruisan po ugledu na vretenište.

Prikazana konstrukcija, s obzirom na neklasična rešenja, zaslužuje potrebnu pažnju kao specijalna mašina za ispitivanja.

T. Pecek - Uloga teoretskih postavki i matematičkih modela u ispitivanju alatnih strojeva.

U ovom radu dat je kritički osvrt na dosadašnje metode ispitivanja alatnih mašina, sa posebnim osvrtom na vibracije. Posle kratkog pregleda postupaka ispitivanja dinamičke stabilnosti mašina, prikazuje se definicija dinamičke popustljivosti prema Tlusti-u, pri čemu se ukazuje na potrebu postavljanja matematičkih modela. Istovremeno se, međutim, ukazuje na nestvarnost učinjenih pretpostavki pri postavljanju modela, kao što je: linearnost, viskozno prigušivanje i dr., pri čemu se iz dijagrama 2 u radu zavisnosti ugiba od sile, može videti neopravdanost pretpostavke o linearnosti. Na kraju autor ističe kao važan zadatak pri ispitivanju mašina postavljanje granice praktične primene teorije, kao i iznalaženje novih teorija i modela.

V. Damić, R. Uzunović - Razvoj elektrohidrauličnog pobudjivača.

Rad predstavlja prikaz razvoja specijalnog elektrohidrauličnog pobudjivača namenjenog statičkom i dinamičkom pobudjivanju teških mašina i konstrukcija.

Hidraulična shema prikazana je na slici 1 u radu, iz koje se vidi da je pobudjivač sastavljen iz dva nezavisna dela, od kojih jedan razvija statičku a drugi dinamičku silu posredstvom servoventila. U radu je dalje izvršena analiza svakog elementa posebno a zatim nadjena frekventna karakteristika pobudjivača za jedan specijalan slučaj. Pobudjivač razvija statičku silu od $F_{st} \approx 4500$ kp, a dinamičku silu pri najmanjim učestanostima, $F_{din} \approx \pm 900$ kp, dok je predviđeni frekventni opseg pobudjivača 0 - 200 Hz.

Prikazani pobudjivač predstavlja interesantnu konstrukciju, posebno s obzirom na relativno veliku dinamičku silu konstantne amplitude.

4.2. Mašine za obradu bez rezanja

Oblast razvoja metoda ispitivanja mašina:

D. Mandić - Neki rezultati dinamičkog ispitivanja hidrauličnih makaza

Ovaj rad tretira eksperimentalnu tehniku i rezultate ispitivanja mašinskih makaza za sečenje lima sa hidrauličnim pogonom. Pri tome je vršeno merenje sile pritiskivanja pritiskivača lima, merenje pravilnosti kretanja nosača gornjeg noža i merenje sile sečenja lima. Merenja su vršena za različite karakteristične režimske uslove. Sam postupak merenja mehaničkih veličina putem merenja električnih omogućio je dobijanje preciznih rezultata i zaključaka.

Kao glavni zaključci, dobijeni ovim ispitivanjima, mogu se navesti sledeći. Na veličinu sile sečenja, pored ostaloga, utiče zatupljenje reznih ivica, veličina stvarnih zazora između noževa, smer sečenja u odnosu na pravac vlakana lima, kao i širina lima. Isto tako je uočeno da sila pritiskivanja pritiskivača lima nije konstantna, već se menja sa promenom sile sečenja lima, Slika 6 u radu prikazuje jedan deo rezultata ispitivanja koji se odnosi na merenje sile. Na slici se F_0 odnosi na silu sabijanja povratnika, F_s na silu sečenja a F_c na ukupnu silu i to za širine lima od $\underline{L} = 335$ i $\underline{L} = 1000$ mm i deblji-

ne 5 mm sa zazorom između noževa $z = 0,2$ mm.

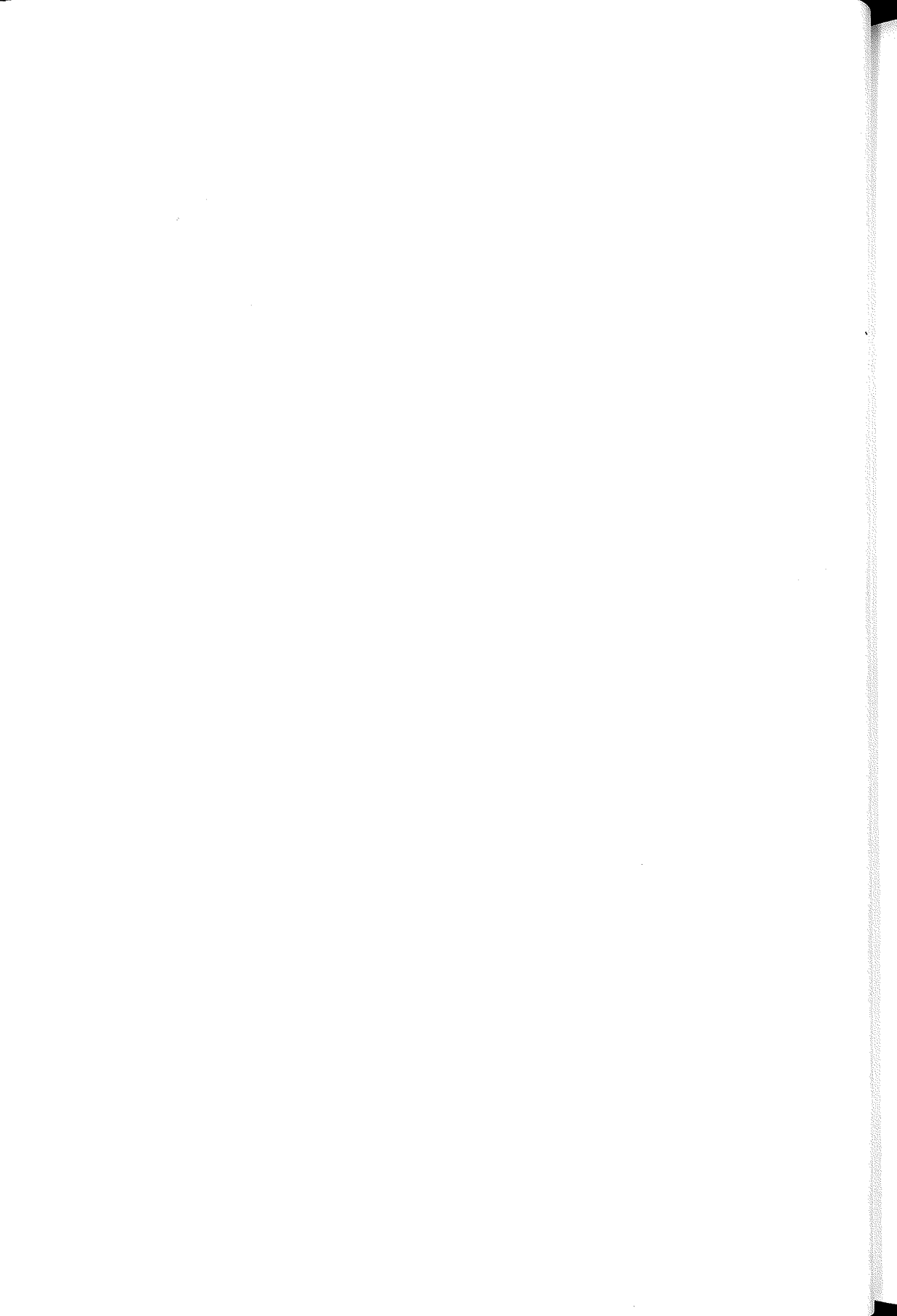
Rad je, iako se odnosi na jednu konkretnu konstrukciju makaza, interesantan s obzirom na postavljene metode merenja i mernu tehniku, kao i s obzirom na zaključke, koji bi daljim ispitivanjima i drugih tipova i veličina makaza mogli dobiti i prošireni vid.

5. Opšti zaključak

Pri opštem pregledu radova iz oblasti mašina alatki može se na prvom mestu konstatovati veliki nesklad između radova iz grupe mašina za obradu rezanjem i radova iz grupe mašina za obradu bez rezanja. Ovaj nesklad, međutim, nikako ne odgovara odnosu zastupljenosti mašina iz jedne i druge grupe, s obzirom na današnje sve intenzivnije izražene tendencije sve većeg razvoja mašina za obradu bez rezanja. Rad iz oblasti mašina za obradu bez rezanja, mada na ovom Savetovanju jedini, ipak pruža nadu da će se povećati interes za razvoj i istraživanje u ovoj oblasti. Iz oblasti mašina za obradu rezanjem može se uočiti da priloženi radovi, u celini posmatrano, prate većinu tendencija, pri čemu se naročito može zapaziti poseban interes za probleme dinamičke krutosti mašina i elemenata, kao i za pitanja eksploatacijskog iskorišćenja mašina.

Što se tiče doprinosa u pogledu novih konceptijskih i konstrukcijskih rešenja, na ovom Savetovanju se pojavljuje samo jedan rad koji se odnosi na koncepciju jednog opitnog struga, posebnih konstrukcijskih rešenja, koji je, međutim, s obzirom na njegov opitni karakter prikazan u oblasti razvoja metoda ispitivanja mašina. Bilo bi interesantno kada bi ubuduće prilikom ovakvih savetovanja bili više zastupljeni i razvojni radovi naših konstruktora mašina alatki, koje bi svakako mogli da prikažu svoja originalna konceptijska i konstrukcijska rešenja, što bi doprinelo sadržajnijem i kompletnijem programu savetovanja i intenzivnijoj razmeni iskustava, kao i upoznavanju tehničke javnosti sa proizvodnim mogućnostima naše industrije mašina alatki.

U celini posmatrano, radovi iz oblasti mašina alatki, prezentirani na V Savetovanju proizvodnog mašinstva, mogu se oceniti kao nov i još uspešniji doprinos u odnosu na ranija savetovanja, ali se isto tako može istaći potreba za kompleksnijim obuhvatanjem pojedinih oblasti razvoja mašina alatki i za njihovim daljim produbljivanjem.



V SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA, KRAGUJEVAC, 1969

R. Zdenković x)

AUTOMATIZACIJA I UPRAVLJANJE - UVODNI REFERAT xx)

1. Uvod

Poznati matematičar i napredni filozof Bertrand Russel izjavio je jednom zgodom o ulozi tehnike, a s tim indirektno i automatizacije u svagdašnjem životu današnjeg čovjeka gdje god se on nalazio: "Industrijska tehnika glavni je razlog promjena koje se u svijetu dešavaju. Da nije bilo Homera i Aeschylusa, da nisu Dante i Shakespeare napisali ni jedan redak, te da su Bach i Beethoven ostali nijemi, bila bi svagdašnjica većine ljudi današnjeg vremena ne mnogo drukčija nego što je. Ali da nije bilo Galilei-a, James Watt-a i sličnih, tada bi život i zapadne i istočne hemisfere danas sasvim drukčije izgledao." Sigurno nije tim htio potcijeniti visoke baštine humanističke kulture, niti zaniijekati njenu vrijednost u punini čovjekovog života, kad je tom izrekom zacrtao činjenično stanje današnjice, koje je usmjereno sve većem ulogu tehnike u olakšanju rada i pogodnijem životu s jedne strane, a s druge je tim obilježen i nezasićni ljudski duh koji i preko svojih vitalnih potreba stremlji uvijek dalje u otkrivanju prirodnih tajni, prema onim krasnim stihovima našeg pjesnika Petra Preradovića:

"Ljudskom srcu uvijek nešto treba
zadovoljno nikad posve nije
čim željenog cilja se dovreba
opet iz njega sto mu želja klija."

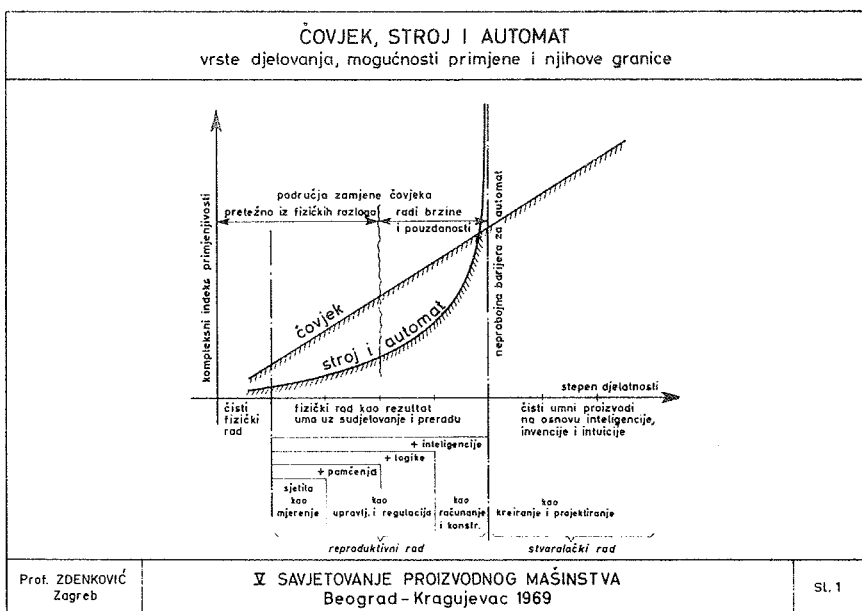
Od pamtljivjeka je čovjek ne samo iz potrebe tražio mehanizaciju već iznad toga je svoju stvaralačku maštu želio zadovoljiti raznim uređajima koji ga zamjenjuju, odnosno samostalno, dakle automatski rade. Ovdome je jednom bio razlog težnja za mističnim efektom na primitivnu okolinu, kao pred više od 2000 godina Heronov automat za otvaranje vrata hrama prigodom paljenja žrtvene vatre. Drugi put je to bila ma-

x) Dr. Rudolf Zdenković, dipl.ing., vanr. profesor Strojarsko-brodogradjevnog fakulteta, Zagreb, Djure Salaja 1

xx) Uvodni referat za oblast automatizacije i upravljanja na V Save-
tovanju proizvodnog mašinstva

nifestacija tehničkog stvaranja, kao automatski roštilj Leonarda da Vinci-a oko 1500-te godine, koji se pri pojačanoj vatri proporcionalno jače okretao, ili istodobna želja da kulturne tekovine budu što široj publici pristupačne, kao muzički automati iz 17. i 18. stoljeća, dok se koncem tog stoljeća pojavljuje poznati automatski Jacquard-ov tkalački stan sa svim osnovnim obilježjima današnje savremene automatizacije.

No iz bilo kojih motiva automat nastao, dali samo sistematsko i programsko olakšanje rada, ili u krajnjoj liniji omogućavanje brže i sigurnije prerade jedne veće količine informacija, postoje ipak granice u mogućnostima njegove primjene. Sve one djelatnosti i stvaranja čovjeka koje ne idu po nekom unaprijed odredjenom programu, već koji su proizvod invencije i intuicije ljudskog uma, nedosežne su automatima, a s tim i automatizaciji, kao što prikazuje slika 1. Ovim je već zakružena osnovna bit i suština automata kao sistematsko samostalno odvijanje rada po nekom unaprijed odredjenom programu.



Tim tvorevinama i njihovim elementima posvećen je posebni dio ovog našeg Savjetovanja sa nekoliko interesantnih radova naučnog i praktičnog karaktera. No prije nego predjemo na izlaganje ovih u svrhu potsticanja na diskusiju, smatram korisnim da se priložene referate svrsta po nekom redu unutar nekog pa i bilo kojeg sistema, koji može pri-

donijeti da naoko heterogeni i razštrkani izvještaji postanu karike u smisaonom lancu automatizacije alatnih strojeva, čim dolazimo do prvog općeg dijela ovog izvještaja.

2. Uloga, podjele i elementi automatizacije alatnih strojeva

Dozvolite mi stoga, poštovani učesnici ovog visokog jugoslavenskog skupa proizvodnih stručnjaka, da sa nekoliko slijedećih pregleda i par slika iznesem neke mogućnosti podjele u pojmovima automatizacije alatnih strojeva, kako bi aspekti i prilaz diskusiji predloženih referata bili sredjeni i olakšani. Pri tome napominjem izričito da ove podjele ne pripadaju nekim općim standardima, jer ih u tom području i nema, već su sinteza pretežnog stanja uobičajenih sistematizacija, a odgovaraju onoj koja je po našoj katedri u Zagrebu zastupana.

Obzirom na skućenost prostora smatrao sam da će se najviše moći donijeti i obuhvatiti sa sažetim tabelarnim pregledima uz najnužniji pratni tekst, a posebna tumačenja mogu se po potrebi onda u diskusiji dopuniti.

Uvodno svemu korisno bi bilo razčistiti često korištene pojmove koji se u svakodnevnoj primjeni dosta neodređeno izprepliću. Ti osnovni pojmovi, koji igraju bitnu ulogu u savremenosti naših strojeva i uređaja, a čija sinteza tek daje obilježje savremenosti su: mehanizacija, racionalizacija i automatizacija. Smisaoni sadržaj ovih naveden je na slici 2.

Kao što je vidljivo, automatizacija koja nas danas posebno zanima, daje i omogućava mnogo što je već sraslo našem životu, te postalo razumljivo i svakodnevno, međutim za njeno sprovođenje potrebni su stanoviti ovdje ukratko zacrtani uvjeti, ali njen stepen po intenzitetu zastupljenih sredstava je samo usko ograničeno ekonomičan.

U pogledu stupnja automatizacije mogu postojati razni kriteriji i gradacije. No ako polazimo sa prirodnog stanovišta koliko automatizirani stroj ili proces može zamjeniti čovjeka u njegovim raznim pripadajućim funkcijama i pokazateljima, onda možemo približno postaviti, uključivo neki multi stupanj, sedam stupnjeva prema pregledu slike 3.

Naši alatni strojevi koji se prema slici 4 po vrsti pojavljuju kao pojedinačni, vezani i strojni sklopovi mogu se jednom po količini programiranih funkcija podjeliti od nesamostalnih do potpuno samostalnih u četiri temeljne grupe automatizacije, a drugi put po važnim elemen-

SAVREMENOST ALATNIH STROJEVA KAO SINTEZA MEHANIZACIJE, RACIONALIZACIJE I STEPENA AUTOMATIZACIJE

Suština i problemi primjene automatizacije

- MEHANIZACIJA** je uvođenje strojeva, strojnih uređaja i pomagala za obavljanje tehničkih radova i procesa
- RACIONALIZACIJA** je uvođenje organizacionih mjera za skraćenje i pojednostavnjenje rada i procesa
- AUTOMATIZACIJA** je smišljeno i sistematsko uvođenje usklađenih tehničkih mjera i pomagala za djelomično ili potpuno samostalno vršenje rada i procesa po nekom unaprijed određenom programu proizvodnjog ponavljanja, uključujući u njenom višem stepenu računjive i slučajne uplive, koji ometaju traženi rezultat, a u najvišem stepenu, tekuće optimalno riješenje rada i procesa
- SAVREMENOST** strojeva i procesa određena je skladnom sintezom zahvata i mjera, mehanizacije, racionalizacije i automatizacije

I. ONA DAJE I OMOGUĆAVA:

- a) u socijalnom pogledu šteti čovjeka oslobađajući ga težeg fizičkog rada, te vremenske i prostorne ovisnosti o stroju, pruža mu veću vrijednost i viši društveni nivo
- b) u tehničkom pogledu bolji kvalitet i višu jednoličnost proizvoda uz veću proizvodnost
- c) u ekonomskom pogledu veću vrijednost proizvoda po uloženoj utrošku sredstava i, jeći privredno-ekonomski efekti

II. ONA SE OSTVARUJE SA:

- a) konvencionalnim višeperacionim i automatiziranim strojevima kapinog, mehaničkog i graničnog upravljanja
- b) strojnim jedno i viševretenastim jedinkama (agregatima) u jedno ili višestaničnom rasporedu
- c) specijalnim visokoautomatiz. strojevima repelinog, numeričkog ili adaptivnog upravljanja

III. ONA SE SLUŽI SA:

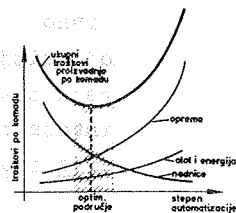
- a) pomoćnim elementima krute i fluidalne mehanike, elektrike i elektronike za spremanje naloga (radnih i pozicionih informacija) kao i za izvršenje istih
- b) savremenom mjernom tehnikom uz pomoć analognih i digitalnih sistema kontrole izvršenih naloga
- c) podesnim transportom i manipulativnim elementima za slobodno ili kruto (u taktu) povezivanje i postizivanje isto i raznovrsnih alatnih stroj. t. zv. T-M = transfer-manipul. uređaji

IV. ONA TRAŽI I ZAHTEJEVA:

- a) povećane investicije za osnovna i pomoćna sredstva uz kraću amortizaciju
- b) podesniju organizaciju pripreme i procesa proizvodnje s odgovarajućim smještajem strojeva
- c) preorijentaciju odnosa stručnog kadra u pravcu veće potrebe za višom spremom uz ukupno manji radnika za istu količinu proizvoda

V. ZAKLJUČAK O PRIMJENI AUTOMATIZACIJE

Za svaki specifičan slučaj postoji optimalni stepen automatizacije, svako preokraćenje, neopravdani ili nepodesni zahvat može stoga uroditi oprečnim efektom!



Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 2

tima spremanja (memoriranja) i izvodjenju programa (pozicioniranja) uključivo opet neku nultu ili primitivnu skupinu u 9 skupina. Kod toga su spremnici nižih skupina (1,2,3) kruti, a viših sve fleksibilniji i prema tome podesni uz kompliciranije programe za što manje proizvodne serije do pojedinačnih komada.

Što je tu pod tim skupinama, obzirom na vrst primjenjenog spremnika i izvodjenja pozicioniranja mišljeno, vidi se iz dotičnih osnovnih šematskih prikaza prema dopunskim funkcionim skicama (slike 4/0, 4/1, 4/2, 4/3, 4/4, 4/5, 4/6).

Obzirom na podjelu automatiziranih strojeva po načinu samog upravlja-

STUPNJEVI SAVREMENOSTI ALATNIH STROJEVA I PROCESA PO UDJELU I ZAMJENI ČOVJEKA

Stupanj automa- tizac. Poka- zatelj i funkcija	0	1	2	3	4	5	6
Vrsta stroja i organizacioni smještaj	stroj s ručnim pogonom	konvencionalni stroj	djelomični automat		potpuni automati u proizvodnoj liniji		automatizirane tvornice
Energija	vitalna	električna, hidraulična, pneumatička i kombinirane naravi					
Pogon	čovjek	skupni, individualni motor ili više namjenskih motora					
Upravljanje	čovjek			uređaj u otvorenom lancu ili zatvorenom krugu			
Kontrola i korekcija	čovjek			čovjek ili uređaj uz eventualnu optimizaciju režima (adaptive control)			
Posluživanje	čovjek				djelom čovjeka no pretežno stroj odnosno uređaj (transfer-manipulativni uređaj)		
Primjer i primjena	ručni i mehaničarski rad	stroj s 1 ili više alata.	stroj s automatizir. fazama rada i više alata	stroj s automatizir. ciklusom rada, više alata i ex. više vretna	visoko automatizir. i produktivni stroj sa čvrstim ili fleksibilnim programom sa redovno više alata	automatiz. laktni strojevi visoke produktivnosti u kružnom ili linijskom transportu	kompletno automatske procesne tvornice

Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

IX SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

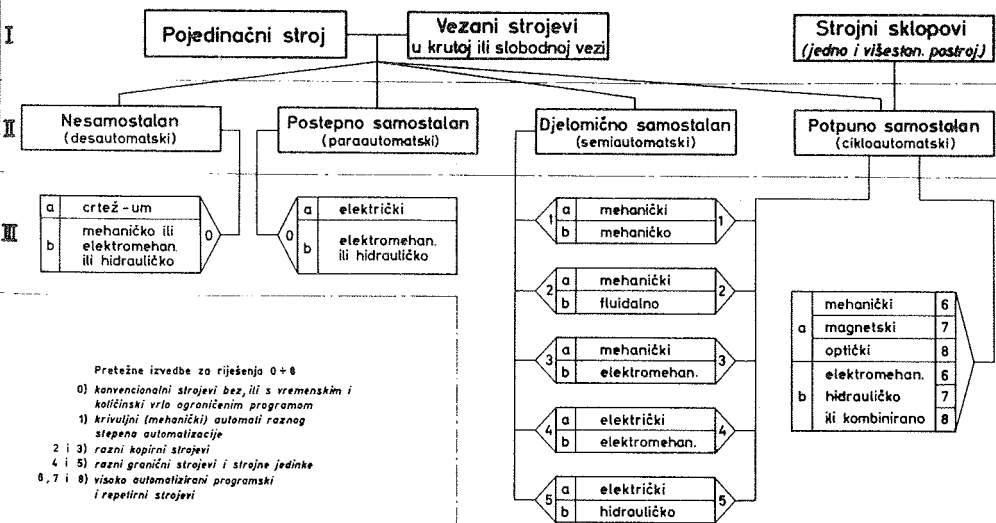
sl. 3

PODJELA ALATNIH STROJEVA I NJIHOVE AUTOMATIZACIJE

prema I Vrsti stroja po građnji i ugradnji

II Količini programiranih funkcija (Informacija)

III a) Načinu spremanja (memoriranja); b) Izvođenju programa (pozicioniranja)



Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

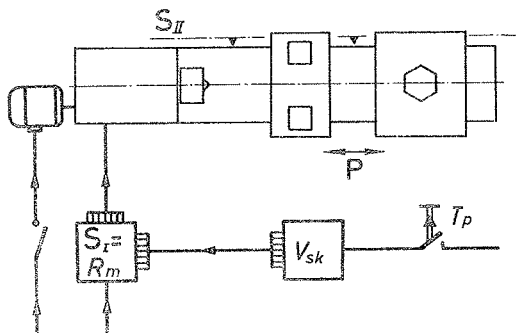
IX SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

sl. 4

Upravljanje postepenim programom način : elektro - elektrom. (primjer : revolver - tokarilica)

S = spremnik
 P = pozicioniranje
 K = kontrola

$S_I = R_m$: relejna memorija
 S_{II} : granična letva sa elek. prek.
 P : elektromehaničko ili
 elektrohidrauličko
 K : čovjek ili graničnik
 V_{sk} = višestruka sklopka
 T_p = tipkalo



Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

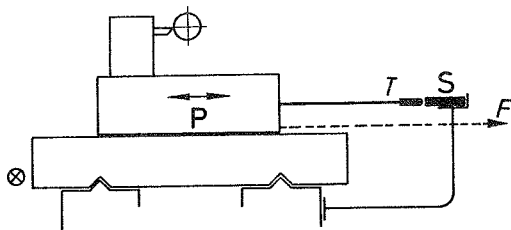
V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 4/0

Upravljanje djelomično i potpuno samostalno način 1: mehaničko - mehanički (primjer : kopirna tokarilica)

S : mehanički = šablona
 P : mehaničko, djelovanjem utega,
 pera ili prisilnim vodenjem
 K : ticalom, vezom site
 ili oblika

T = ticalo vodeno po šabloni vezom
 sile F ili oblikom (žljebom)
 F = potrebna sila vodenja (veća od
 odzivne sile rezanja)

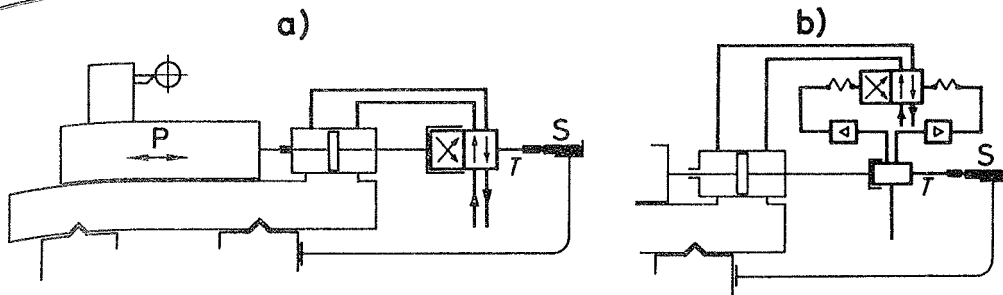


Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 4/1

Upravljanje djelomično i potpuno samostalno način 2 : meh.-hidr. (pneum. ili hidropneum.) (primjer : kopir. tokar.)



S : mehaničko = šablona
 P : a) hidrauličko
 b) elektrohidrauličko
 K : ticalom

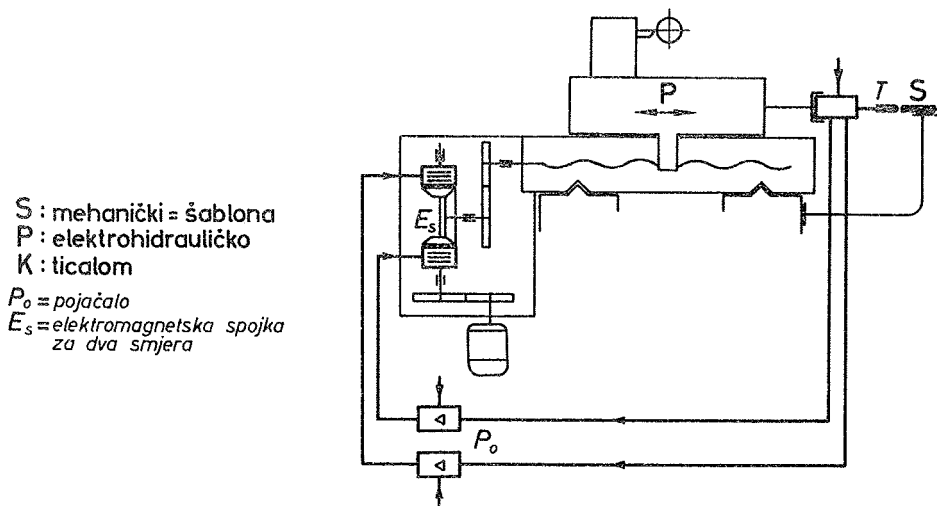
T = ticalo, (pretežno kontaktno,
 napajano slabom strujom
 za izvedbu b)

Prof. ZDENKOVIĆ
 Zagreb

V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
 Beograd - Kragujevac 1969

sl. 4/2

Upravljanje djelomično i potpuno samostalno način 3 : mehaničko - elektrom. (primjer : kopirna tokarilica)



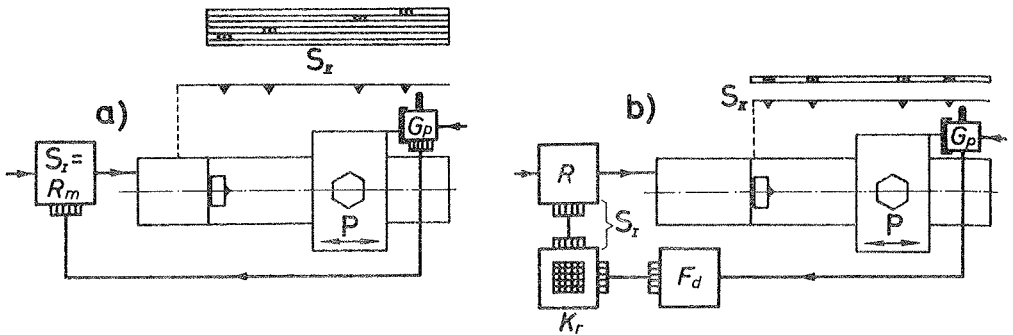
S : mehanički = šablona
 P : elektrohidrauličko
 K : ticalom
 P_o = pojačalo
 E_s = elektromagnetska spojka
 za dva smjera

Prof. ZDENKOVIĆ
 Zagreb

V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
 Beograd - Kragujevac 1969

sl. 4/3

Upravljanje djelomično i potpuno samostalno način 4: elektro - elektrom. (primjer: revolver - tokarilica)



- S_x : relejna memorija
 S_x : granična letva sa graničnicima
 P : elektromehaničko uz primjenu
 a) faznih (određenih) graničnika
 b) impulsnih (neodređenih) graničnika
 K : granični elektroprekidač

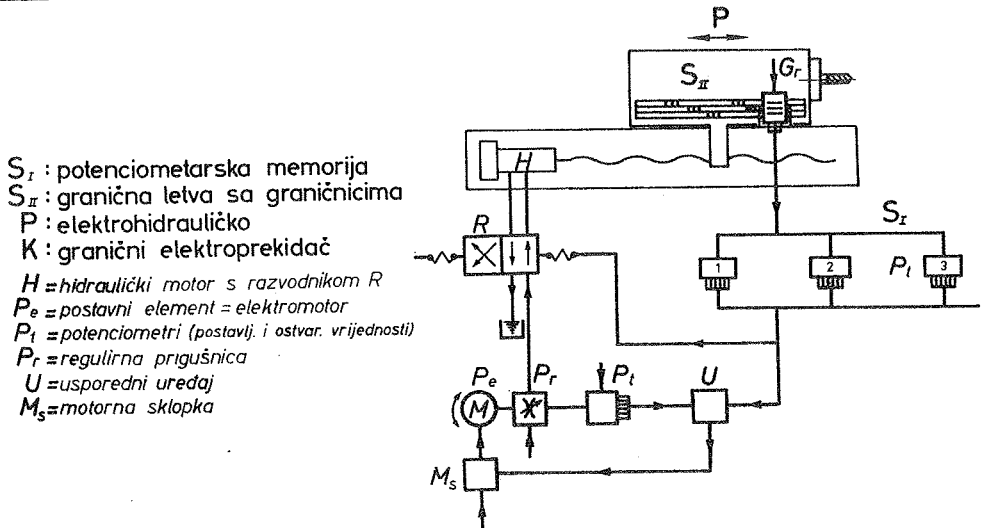
- F_d = fazni davač (=višestruka stepenasta sklopka)
 G_p = granični elektroprekidač (mikroprekidač)
 K_r = križni razdjelnik (programator)
 R = relejni razvodnik

Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 4/4

Upravljanje djelomično i potpuno samostalno način 5: elektro - hidraulički (primjer: bušeci agregat)



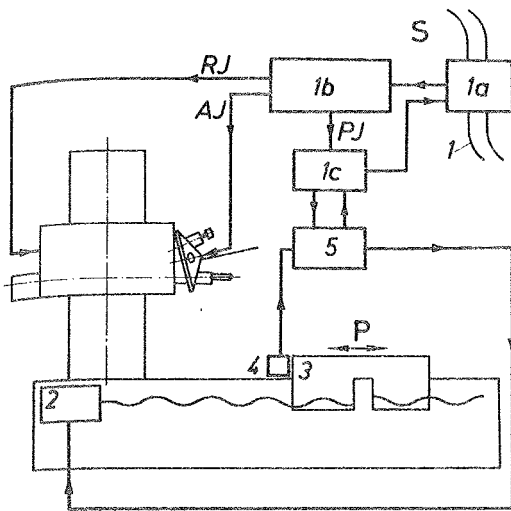
- S_x : potencijometrijska memorija
 S_x : granična letva sa graničnicima
 P : elektrohidrauličko
 K : granični elektroprekidač
 H = hidraulički motor s razvodnikom R
 P_e = postavni element = elektromotor
 P_t = potencijometri (postavlja i ostvar. vrijednosti)
 P_r = regulirna prigušnica
 U = usporedni uređaj
 M_s = motorna sklopka

Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 4/5

Upravljanje djelomično i potpuno samostalno
 načini 6: numeričko-el.m.; 7: magnetsko-el.m.; 8: optičko-el.m.
 (primjer za 6: kombinirana bušilica-glodalica sa promjenom alata)



- S: } perforir. traka ili kartica } u kombinaciji sa
 } magnetska traka } raznim ili
 } filmska traka ili ploča } tranzistorskim
 } } međuspremnicima
- P: elektromehaničko ili elektrohidrauličko
- K: određeni mjerni uređaj na analognom ili digitalnom principu
- AJ = alatne informacije
- PJ = pozicione informacije za x, y, z, α, β koordinate (prikazane samo za x -os!)
- RJ = radne informacije
- 1 = spremnik informacija odgovarajuće vrste
- 1a = uređaj za čitanje odnosno primanje i predavanje informacija
- 1b = centralni upravljački uređaj sa dekodiranjem i razvađanjem
- 1c = spremnik putnih informacija s eventualno još jednim spremnikom
- 2 = uređaj za pozicioniranje (elektromehan. ili elektrohidraul.)
- 3 = element pozicioniranja (suport odnosno stol)
- 4 = mjerni uređaj raznih vrsta i sistema
- 5 = usporedni uređaj raznih vrsta

Prof. ZDENKOVIĆ
 Zagreb

V SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
 Beograd - Kragujevac 1969

St. 4/6

nja možemo uglavnom prema slici 5 postaviti slijedeće svrstavanje koje je i osnov jednog dijela naše diskusije, a u čemu imamo 5 referata i jedan koreferat.

Po tome razlikujemo:

- 1) Strojevi s kopirnim upravljanjem, od konvencionalnih do najmodernijih tipova, direktne mehaničke i električke ili indirektno električke i elektrohidrauličke izvedbe radi što manjih sila kopiranja uz mogućnosti primjene nježnih šablona pri odgovarajućem pojačanju. Načelne izvedbe prikazane su već slikama 4/1, 4/2 i 4/3.
- 2) Strojevi s krivoljnim upravljanjem, kao naši klasični mehanički automati, naravno u izvedbama koje odgovaraju savremenim dostignućima na tom području. U funkcionom principu odgovara tome šema slike 4/1.
- 3) Strojevi s graničnim upravljanjem za razne no pretežno produkcione, specijalne i sve agregatne strojeve s pozicionim ili pozicionim i

PODJELA AUTOMATIZIRANIH ALATNIH STROJEVA PO NAČINU UPRAVLJANJA

I-IV = programirani strojevi u širem smislu ; V = programirani u užem smislu

u osnovi analogni sistemi
hibridni sistemi
u osnovi digitalni sistemi
kombinirano analogni-digitalni sistemi
u mjerodavnom dijelu digitalni sistem

I Kopirni strojevi (KoU)	Sp (K)	Po
1) u jednoj ravni (2-koord.) za djelomične i pune obrise 2) prostorno u stoejvima (2-k) 3) prostorno proizvoljno (3-k)	M ili O M, EM, H ili Ko	Ko

II Krivuljni automati (KrU)	Sp (K)	Po
1) višekrivuljni tip za > 10 kom/min 2) jednokrivuljni tip za < 1 kom/min 3) višekrivuljni tip s pom. upr. os. za $\approx < 1 \div 10$ kom/min		K

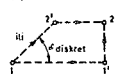
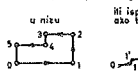
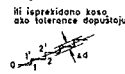
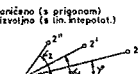
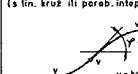
III Granični strojevi (GU)	Sp (Sk)	Po
1) s faznim (odred) graničnicima (tipizirani program) 2) s impulsnim (neodred) granič. (izborni program) 3) kombinirane izvedbe		EM, H ili Ko

IV Repetirni (Play-Back) strojevi t.j. strojevi s ponavljanjem samostalnim pamćenjem (RU)	Sp	Po
1) ograničeno repetirni strojevi s graničnicima i reletjnim memorijama 2) potpuno repetirni strojevi s magnetskim, elektronskim i numeričkim memorijama	Sk M, EM, H ili Ko	Ko

LEGENDA:

- Sp = načini spremanja (memoriranja)
- Po = načini postavljanja (pozicioniranja)
- M = mehanički
- E = električki
- EM = elektronskih
- H = hidraulički
- Ko = kombinirano
- O = optički
- N = numerički
- S = signalni

(K), (Sk), (F) = kruž, srednje kruž i fleksibilan spremnik

V Strojevi s numeričkim (brojčanim ili signalnim) upravljanjem (NU)	Sp (F)	Po
<p>1) neovisnim upravljanjem t.j. $x \neq f(x, z)$ (bez interpolatora)</p> <p>a) po točki izvan ruda</p>  <p>b) po liniji za vrijeme rada u nizu</p>  <p>ili isprekidano tako da biternice dopuštaju</p>  <p>2) ovisnim upravljanjem t.j. $x = f(x, z)$</p> <p>a) po liniji</p>  <p>b) po konturi (s lin. kruž. ili parab. interpolat.)</p>  <p>v = konst.</p>		EM, H ili Ko

VI Strojevi s prigradenim korekcionim (ispravljajućim) upravljanjem (KU)
<p>= dodatna automatska, a poželjno direktna, kontrola + automatska korekcija djelovanja sistematskih i slučajnih prekomernih odstupanja s karakterom griješke obrade.</p> <p>Primjenjuje relativno jednostavne povratne veze kao dodatke postojećim konstrukcijama strojeva. (Najbolje riješenje direktne kontrole nije u svim slučajevima izvedivo !)</p>
VII Strojevi s ugrađenim adaptivnim (podešavajućim) upravljanjem (AU)
<p>= automatska optimizacija procesa obrade po svim utjecajnim funkcijama i poremećajnim faktorima koji utječu na kvalitet, količinu i ekonomičnost proizvoda.</p> <p>Primjenjuje složene povratne veze kao sastavni dio visoko automatiziranih (NU-) strojeva uz upotrebu računara za najpodesniji režim obrade i iskorištenje stroja uz dane i primjenjive uslove materijala, alata, stroja i drugih upliva. Predstavlja svakako najviši stepen automatizacije alatnih strojeva.</p>

radnim informacijama užeg do najšireg programa rada. Pri tome se graničnici namještaju većinom pri izradi prvog probnog komada, ali imamo već takove izvedbe kao "LI - sistem" firme Heid, koji je specijalno razvijen za primjenu u grupnoj tehnologiji, te se u pripremi rada unaprijed programira, a ne kao ostali pri izradi prvog komada. Slika 4/4 sadržava u prikazu a) i b) šeme osnovnih dviju varijanti s faznim i impulznim graničnicima.

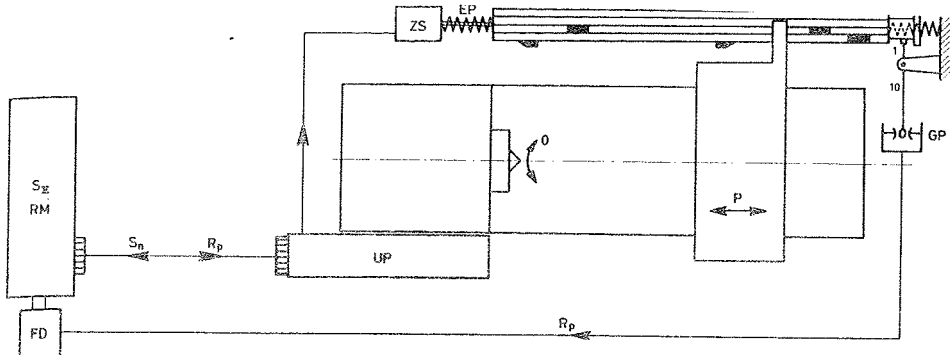
4) Strojevi izrazitog repetirnog upravljanja, tj. takovi koji s malo ili nikakvim zasebnim zahvatima pamte djelomično ili potpuno sve informacije pri izradi prvog probnog uzorka.

Šematske dopunske skice (slike 5/4-1a, 5/4-1b, 5/4-2) daju načelni

BLOKSEMA REPETIRNOG UREĐAJA PO SISTEMU FIRME „VÖEST“ („Einprägeautomatik“)

Automatsko spremanje i ponavljanje

- | | |
|--|--|
| <p>S_1 = spremnik I „gdje šlo“
 S_2 = spremnik II „što gdje“
 S_n = spremanje (memoriranje)
 R_p = ponavljanje (repetiranje)
 P = programirani posmak
 O = programirani okretaji
 GL = granična letva - okretna prizma
 GP = granični prebidač s
 prenosnim odnosom 1:10</p> | <p>FD = fazni davač
 RM = centralna automatska
 relejna memorija
 UP = upravljačka postaja
 ZS = zakretna sklopka
 EP = elementi prednapona
 granične letve</p> |
|--|--|



Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

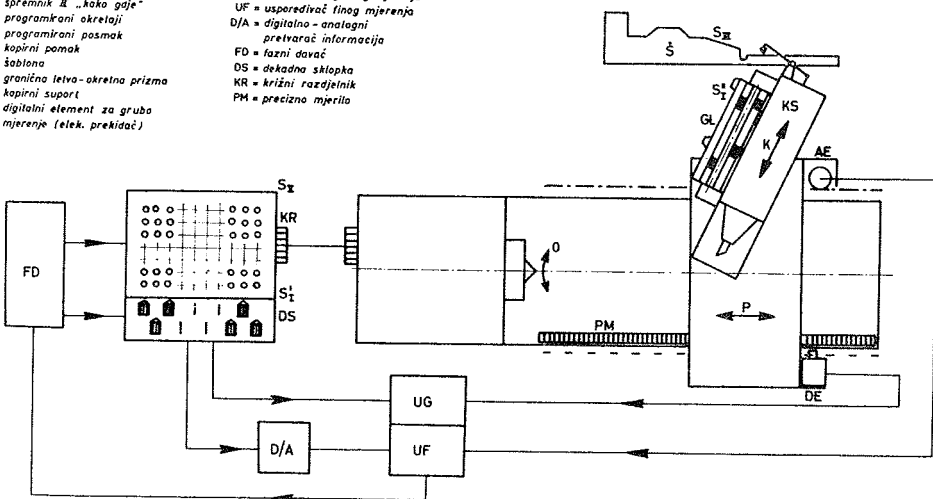
IX SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 9/22 - 1a

BLOKSEMA REPETIRNOG UREĐAJA SA ZAVRŠNIM KOPIRANJEM PO SISTEMU FIRME „HEYLIGENSTAEDT“ („Heycomat“)

Ručno spremanje, automatsko ponavljanje i kopiranje

- | | |
|---|--|
| <p>S'_1 = spremnik I' „gdje šlo“
 S'_2 = spremnik I' „dakle šlo“
 S'_3 = spremnik I' „što gdje“
 S'_m = spremnik II „kako gdje“
 P = programirani okretaji
 K = kopirani posmak
 \hat{S} = šablono
 GL = granična letva - okretna prizma
 KS = kopirni suport
 DE = digitalni element za gruba
 mjerenje (elek. prekidač)</p> | <p>AE = analogni element za fino
 mjerenje (potencijometar)
 UG = uspoređivač grubog mjerenja
 UF = uspoređivač finog mjerenja
 D/A = digitalno - analogni
 pretvarač informacija
 FD = fazni davač
 DS = dekadna sklopka
 KR = križni razdjelnik
 PM = precizno mjerilo</p> |
|---|--|



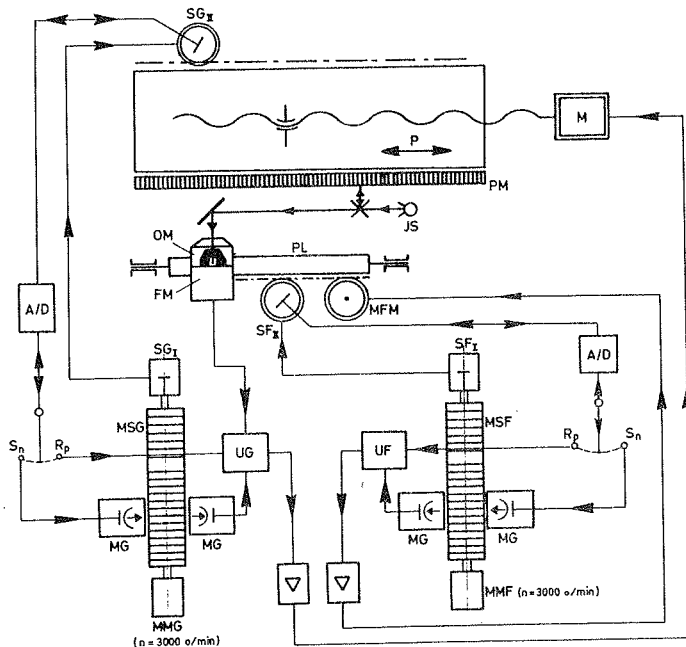
Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

IX SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 5/22 - 1b

BLOKŠEMA REPETITIVNOG UREĐAJA PO SISTEMU FIRME „SIP“

Automatsko spremanje i ponavljanje



P = programirani posmoci suporta
 MSG, MSF = magnetski spremnik grubi, fini
 MMG, MMF = motor magnetske jezgre grubi, fini
 SG₁, SF₁ = selsin predajnik grubi, fini
 SG₂, SF₂ = selsin prijemnik grubi, fini
 MG = magnetska glava
 A/D = analogno - digitalni pretvarač
 S_n = snimanje
 R_p = repetiranje, ponavljanje
 JS = izvor svjetlosti za optički i fotoelektrični fini mjerni sistem
 PH = precizna mjerila
 PL = precizna lntva uređaja linog mjerenja
 OH = optička mjerna glava
 FM = fotoelektrična mjerna glava
 UG, UF = uspoređivač grubi, fini
 M = pogonski motor posmaka (stola ili suporta)

Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

X SAVJETOWANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

SI. 5/XX - 2

prikaz nekih značajnijih izvedbi ove grupe strojeva i njihovo interesantno riješenje pamćenja.

- 5) Strojevi numeričkog i signalnog upravljanja dobivaju informacije sa programa koji je brojkama ili posebnim signalima (optički) zadani, prikazani su već u općoj osnovi ranijom dopunskom skicom slika 4/6. Pri tome taj program može biti ručno zadani i sastavljen ili mašinski obradjen kod složenijih programa i veće količine informacija. Kod njih razlikujemo kao što je poznato koordinantno neovisno i ovisno upravljanje, koje posljednje je najsavršeniji vid ove grupe, ali ne smijemo zaboraviti i nesrazmjerno, do 10 puta, skuplja izvedba, pa ih treba vrlo promišljeno u investiciji planirati!

VI i VII grupu automatski upravljanih strojeva sačinjavaju u stvari obični ili numerički strojevi kojima su prigradjeni ili ugradjeni posebni uređaji za tekuću korekciju raznih upliva odnosno za is-

pravljanje grješaka koje uplivišu na tačnost rezultata ili s kojim uređajima se želi postići optimizacija cijelog kompleksa procesa obrade. O ovima je posebno govoreno u jednom referatu, a obzirom na novost iznaša to zasebno još i jedan koreferat, pa s tim daljnji opis ovdje može izostati.

Svi naši alatni strojevi prethodnih grupa I - V mogu se u pogledu osnovne izvedbe upravljanja konačno svrstati u dvije najosnovnije vrste, a unutar ovih postoje za sve po 3 temeljne šeme kao što pokazuje slika 6.

Jednom može postojati obzirom na riješenje upravljanja čisto upravljanje, ili upravljanje otvorenim upravljačkim lancem, a drugi put imamo regulirano upravljanje dakle upravljanje zatvorenim upravljačkim krugom. I u jednoj i u drugoj skupini nalaze se kako konvencionalni tako i novi strojevi redovnih i najviših zahtjeva tačnosti. No dok tačnost prve skupine postižemo izravnom mehaničkom ili električkom vezom dotle u drugoj skupini traženi rezultat obrade dobivamo kontrolom izvršenog naloga bilo prekidnom ili slijednom regulacijom. Pri tome imamo povratnu vezu redovno samo za kontrolu putnih informacija, a istom u slučaju numeričke obrade po konturi trebamo još i povratnu vezu za održavanje određene putne brzine u raznim položajima i nagibima konture, što iziskiva najviši vid regulacionih zahvata.

Vanredno važan dio automatizacijê je svakako izvor mehaničke energije i njegova podesnost za upravljanje obzirom na radnu karakteristiku, promjenljivost brzine i što manje vrijeme reakcije, odnosno potrebno vrijeme za tu promjenu.

Različite su potrebne karakteristike pogona i razni uvjeti rada koji su svojstveni za radne i glave pogone rotacionih ili translatorskih kretnji, te za pomoćne odnosno posmične pogone translatorskih obrada kao što je to vidljivo iz slike 7.

Jedan sistematski pregled mogućih i primjenjivanih izvršnih organa tj. odgovarajućih motora, ili pogonskih sklopova iznesen je tu sa nužnim osnovnim opisom, svrstano po zadatku rada, podesnosti i učestalosti današnje primjene.

Pri tome za veoma perspektivno riješenje promjena okretaja eksploatacijski vrlo podesnog asinhronog motora putem frekvenčnog mirujućeg transformatora imamo jedan koreferat dvaju vrlo uspješnih magisterskih radova sa našeg fakulteta, u kojem će biti posebno o tome izvješteno, dok za jedno novo riješenje sa vrlo polaganom brzinom asinhronog mo-

PODJELA AUTOMATIZIRANIH ALATNIH STROJEVA PO OSNOVNOJ IZVEDBI UPRAVLJANJA

Blok-šematski prikaz

Za sve strojeve i izvedbe postoje samo dvije osnovne mogućnosti upravljanja :

I čisto upravljanje otvorenim upravljačkim lancem

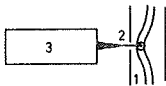
II regulirano upravljanje zatvorenim upravljačkim krugom

S tim se sve izvedbe automatiziranih strojeva svadaju na slijedećih 6 osnovnih tipova:

LEGENDA:

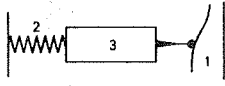
- 1 = nosioc ili spremnik informac. (= memorija)
- 2 = upravljni - postavljeni-član
- 3 = upravljani - izvršni-član
- 4 = kontrolni - mjernei-član
- 5 = regulacioni-usporedni-član
- a = akomodacija, transformacija i pojačanje

I/1



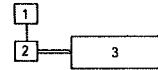
na pr. mehanički kopirni strojevi i krivuljni automati vezom oblika

I/2



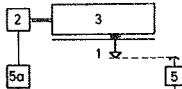
na pr. mehanički kopirni strojevi i krivuljni automati vezom sile

I/3



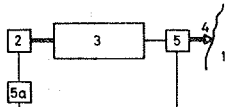
na pr. visoko automatizirani numerički strojevi sa step-motorima

II/1 slučaj prekidne regulacije



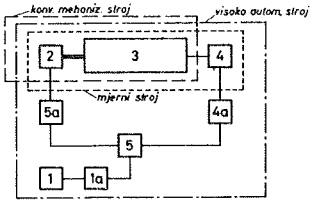
na pr. granični strojevi sa faznim ili impulsnim graničnicima

II/2 slučaj pune regulacije



na pr. kopirni strojevi elektromehan. fluidalnim ili kombiniranim kop. sistemom

II/3



na pr. visoko automatizirani strojevi kao numerički i signalno upravljani automati, repetirni i mjerni strojevi

Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

IX SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 6

UPRAVLJIVI POGONI U AUTOMATIZIRANIM ALATNIM STROJEVIMA

svrstani po zadatku, podesnosti i učestalosti primjene

Vrsta pogona, primjena i tražena karakteristika	Odgovarajući izvršni organ, motor ili pogonski sklop
<p>Radni i glavni pogon redovno samo upravljen</p> <p>za rotacioni rad</p> <p>učinske naravi $P \cdot M \cdot \omega = \text{konst.}$</p> <p>potisne naravi $F(M) = \text{konst. ili progres.}$</p> <p>za rezne strojeve za deformacione str.</p>	<p>I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) asinhroni kratkospojeni motor s mehaničkim reduktorom 2) asinhroni kratkospojeni višepolni preklopivi motor 3) istosmjerni poredni s ispravljačima ili u Leonard-sklopu 4) asinhroni kliznokolutni u matroskoj ($P = \text{konst.}$) kaskadi 5) asinhroni kliznokolutni s tiristoriskim upravljenim sklizanjem 6) asinhroni kratkospojeni s tiristoriskim trafo frekvencije <p>nova, pretežna rješenja</p>
<p>Pomoćni (posmićni) pogon, upravljani ili reguliran</p> <p>za translacioni rad</p> <p>posmićno-pozicione naravi sa posebnim zahtjevima na tačnost i pouzdanost brzine rada i mjesta zoustavljanja, te vremena reakcije ($< 10 - 100 \text{ ms}$)</p>	<p>a) INDIREKTNO ELEKTRIČKI</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) asinhroni kratkospojeni ili kliznokolutni s mehaničkim reduktorom i specijalnim ne krutim spojkama 2) istosmjerni poredni s ispravljačima ili u Leonard-sklopu 3) asinhroni kliznokolutni u mrežnoj ($M = \text{konst.}$) kaskadi 4) izmjerični poredni (kolektorski) s rotorskim napajanjem <p>rijetka, pretežna rješenja</p> <p>b) DIREKTNO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) hidrostatski, klipom s podešavajućom pumpom ili prigušnicom 2) elektromagnetski, s ograničenim silama i putevima <p>pretežna rješenja</p>
<p>Pomoćni (posmićni) pogon, upravljani ili reguliran</p> <p>za translacioni rad</p> <p>posmićno-pozicione naravi sa posebnim zahtjevima na tačnost i pouzdanost brzine rada i mjesta zoustavljanja, te vremena reakcije ($< 10 - 100 \text{ ms}$)</p>	<p>a) ELEKTRIČKI INDIREKTNO (sve izv. motora pretežno specijalne i sa što manjim GD^2)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) asinhroni kratkosp. motor s mehan. reduktorom velikog raspona 2) istosmjerni poredni motor sam ili u kombinaciji s asinhronim motorom i reduktorom za brzi i pužiči hod 3) spec. dvorotorski i višepolni motor za brzi, radni i pužiči hod s kočnim istosmj. spojem jednog od stator. namota ($n=3000, 375 \text{ i } 30$) 4) električki ili elektrohidraulički step - motor 5) asinhroni kratkospojeni s tiristoriskim trafo frekvencije <p>rijetka i specijalna rješenja</p> <p>b) HIDRAULIČKI DIREKTNO ILI INDIREKTNO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) hidrostatski, klipom s podešavajućom pumpom ili prigušnicom 2) hidrostatski, motorom i mehaničkim prenosnikom s podešav. pumpom ili podešav. motorom ili oboje (Leonard-karakteristika) <p>obična posebna rješenja</p>

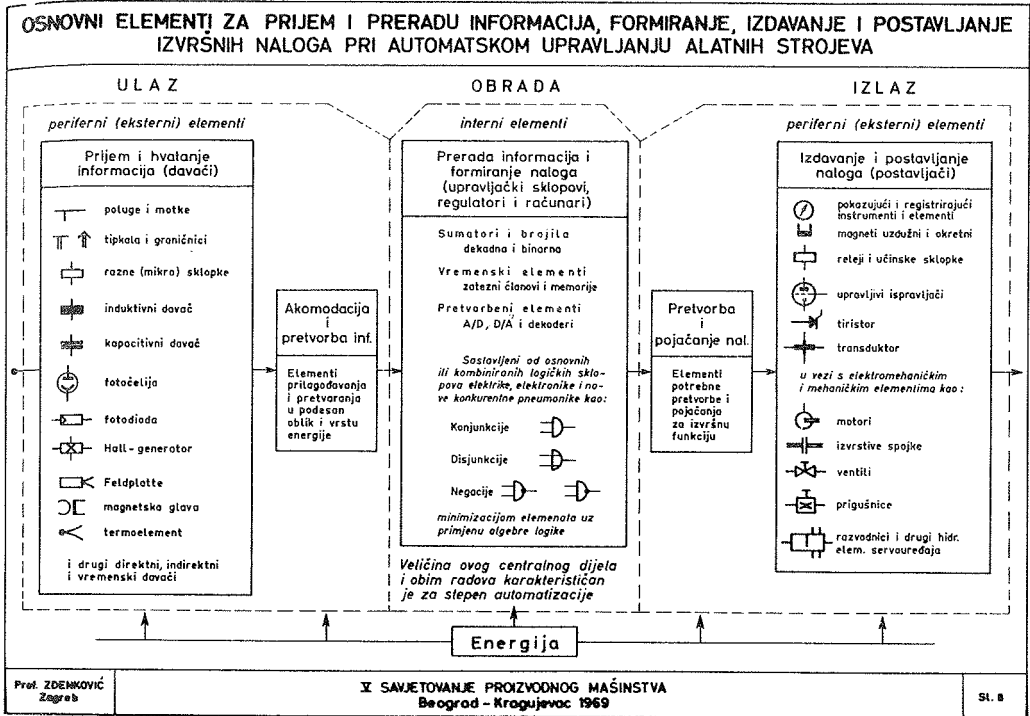
Prof. ZDENKOVIĆ
Zagreb

IX SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Beograd - Kragujevac 1969

Sl. 7

toru pri istina samo neznatnim opterećenjima imamo zaseban referat rada IAS - Zagreb.

Daljnja značajna i bitna stavka u automatizaciji alatnih strojeva, a iz čega imamo dva referata, su elementi i riješenja za prijem i preradu informacija, te na osnovu istih formiranje, izdavanje i postavljanje naloga za izvršne funkcije, čiji pregled i tok je zorno prikazan u svojim osnovnim dijelovima na slici 8.



U svim šemama predhodnih prikaza izvedbi upravljanja prema ranijoj slici 6 pojavljuju se u upravljačkom dijelu jednostavniji ili složeniji elementi i riješenja po pregledu slike 8, već prema tome do kojeg stepena automatizacije je dotični stroj ili proces izveden.

Kao poslijednji uži član u automatizaciji alatnih strojeva, a koji funkcionalno zatvara ovaj sistematski letimični pregled važnih faktora stoji kontrola zauzetih pozicija i njeno riješenje bez čega se precizni i numeričko upravljani strojevi sa povratnom spregom nebi mogli izvesti.

Upravo iz razloga kompletnosti obog pregleda, iako iz tog područja ne-

mamo ovaj put ni jedan prilog, donešeni su u slici 9 podjela i značajni faktori premjeravanja pozicija prema današnjem stanju te važne grane mjerne tehnike

O pojedinim stavkama nije potrebno pobliže govoriti, jer su više ma-

nje svima koji se tim bave poznati, ali jedno sredjenje i svrstavanje tih pojmova i elemenata, te pomagala i konačno samih primjenjenih sistema, držim da bi u okviru iznesenih pregleda moglo korisno zaokružiti ova izlaganja.

Pri tome bi bilo rezimirajući ipak vrijedno istaknuti samo to, da digitalni sistemi iz mnogih specifičnih razloga imaju nad analognim danas izvjesnu prednost i šire područje primjene.

Iz područja pomoćnih elemenata automatizacije, odnosno onih koji ne vrše samu obradu, ali isto tako u automatskom procesu važnom ulogom zamjenjuju čovjeka u njegovom fizičkom i stalnom zahvatu, imamo jedan vrlo

interesantan referat, pa će biti svakako zgodno da i tu u mjesto posebne slika zarišemo u grubim crtama opseg rada i primjenu takovih elemenata i uređaja.

Možemo ih nazvati transfer-manipulativni uređaji, koji kao što samo ime kaže, vrše ulogu transporta i posluživanja stroja ili strojeva vezani krutom ili slobodnom spregom i to bilo strojeva konvencionalne izvedbe ili strojnih agregata odnosno jedinki u roto- i transfer-linijama.

Uloga takovih uređaja može se kratko i sažeto opisati slijedećim jednodokratnim ili cikličnim funkcijama od kojih se u jednostavnijim slučajevima mogu i po više stopiti u jednu ili nestati:

- 1) Doprema (bacanje, sklizanje, kotrljanje, guranje, premještanje itd.) = sastavni transport radjevine tj. sirovine ili izratka do stroja

PODJELA I ZNAČAJNI FAKTORI KONTROLE POZICIJE KOD AUTOMATSKIH ALATNIH I MJERNIH STROJEVA		
<p>PODJELA MJERENJA može biti :</p> <p>I po odnosu mjer. instrumenata</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) translatorna (je uvijek <i>IX/1</i>) 2) rotatorna (je većinom <i>IX/2</i> rjeđe <i>IX/1</i>) <p>II po mjestu mjerenja</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) direktno (je pretežno <i>IX/1</i>) 2) indirektno (je pretežno <i>IX/2</i>) <p>III po referentnoj tački</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) apsolutno <ol style="list-style-type: none"> a) jednoznačno (je <i>IX/2b</i> rjeđe <i>IX/1</i>) b) višeznačno (je samo <i>IX/1</i>) 2) relativno (je samo <i>IX/2a</i>) <p>IV po principu mjerenja</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) analognu (<i>usporedno</i>) 2) digitalno (<i>pokazno</i>) <ol style="list-style-type: none"> a) inkrementalno (je <i>IX/2</i>) b) kodirano (je <i>IX/1a</i>) <p><i>(Primjedba : najsvestraniju primjenu pružaju izvedbe po <i>IX/2a</i>!)</i></p> <p>MJERNI FAKTORI I SREDSTVA su :</p> <ol style="list-style-type: none"> A) Mjerne osnove, postoje kao <ol style="list-style-type: none"> 1) linearnoj izvedbi 2) kružnoj izvedbi 		
<p>B) Mjerni elementi kao razna mjerila, pokazivači i davači ulaznih informacija u</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) analognoj tehnici 2) digitalnoj tehnici 		
<p>C) Osnovna pomagala služe za prijem, preradu i izdavanje informacija mjerenja i kontrole kao</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) razni izvori energije 2) mehan. i elektr. pretvarači 3) mehanički i električni granienići, razvodnici, reletji i sklopke 4) sklopovi logičkih funkcija elektr. ili fluidalne tehnike 		
<p>MJERNI SISTEMI</p> <p>Homogene ili heterogene kombinacije mjernih osnova, elemenata mjerenja i pomagala sačinjavaju mjerne sisteme jednstrukne ili višestrukne primjene analogne, digitalne ili dvovrstne-hibridne tehnike jednovrstnih ili viševrstnih oblika raznih firmi pod raznim oznakama i nazivima uz moći razlučivanja od 1-10 µm i vremenima reakcije < 10-100 µs</p>		
Prof. ZDENKOVIĆ Zagreb	II SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA Beograd - Kragujevac 1969	SL 9

ili postrojenja, kombinirano po potrebi s ravnanjem, čišćenjem, kontrolom i selekcijom;

- 2) Spremanje (gomilanje, slaganje, nizanje, magaziniranje i sl.) = prihvata radjevine pred ili između operacija;
- 3) Sredjivanje (orijentiranje kretanjem ili okretanjem) = spremanje radjevine u uredno stanje, stanoviti položaj i pravac u odnosu na potrebu obrade, određenim usmjerenjem ili usmjerenjem po principu vjerojatnosti u višekratnom prolazu;
- 4) Izdvajanje i dodavanje (doziranje) = vadjenje pojedine spremljene i predhodno sredjene određene količine, te dovajanje u određenom vremenu i odstojanju neposredno pred obradu;
- 5) Umetanje ili ulaganje = podesno hvatanje ili guranje priredjeno do spremljene radjevine i stavljanje u stege;
- 6) Odredjivanje i upinjanje (centriranje i stezanje) = određenim redosljedom podesno centriranje i upinjanje umetnute radjevine u stezi.

Istom nakon svih ovih predradnji, čije se odsječene faze rada pri ručnom posluživanju i ne zapažaju kao posebne i odvojive funkcije, dolazi stroj do izvršenja svog zadatka tj.

- 7) Obrada = vršenje same obrade u jednoj ili više operacija no u jednom upinjanju;

Ovaj ciklus završavaju konačno opet slijedeće pomoćne radnje:

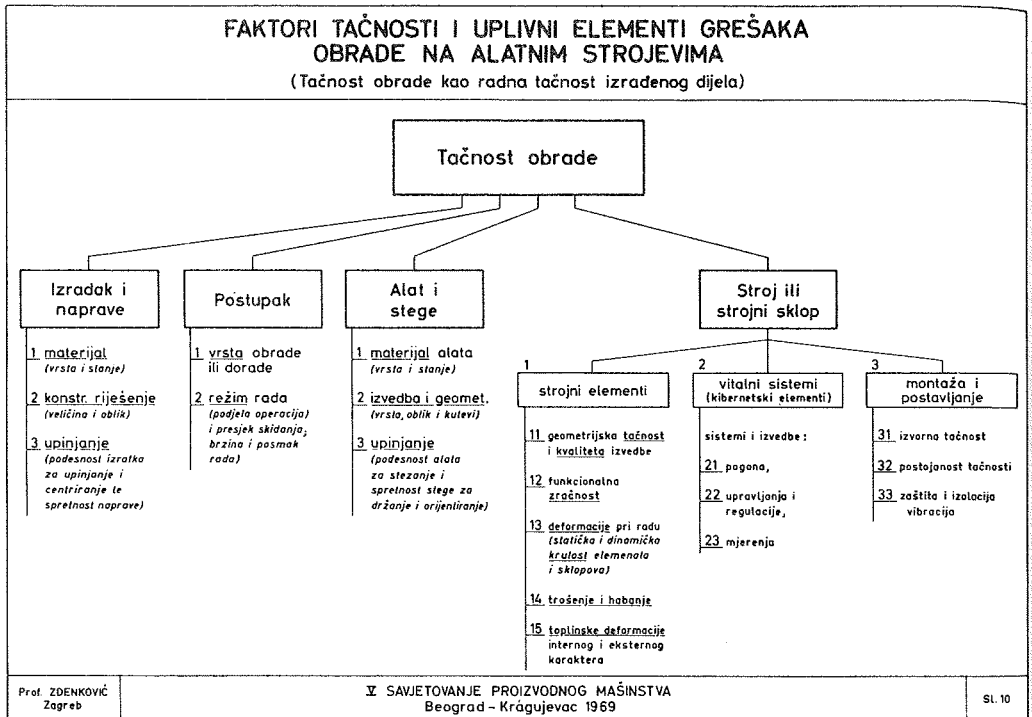
- 8) Otpuštanje i vadjenje = oslobađanje u stezi i vadjenje iz nje podesnom manipulacijom (kao hvatanjem, izdizanjem, izguranjem, otpadanjem, ispuhivanjem i sličnim postupcima za otpremu sa stroja);
- 9) Otprema = sastavni transport ili međjustranspot od stroja do slijedećeg odredišta tj. daljnjeg stroja, postrojenja ili spremišta, uključivo kao u stavci 1), tj. pri dopremi, potrebna čišćenja, kontrole i selekcije.

Analogno ovim transfer manipulativnim funkcijama oko izratka postoje takve i za potrebne radove dopreme sredjenja izbora umetanja, stezanja i ponovnog otpuštanja i spremanja za alat odnosno alate u višoperacionim obradama.

Kako vidimo u nizu od nabrojanih 9 funkcija postoji samo jedna faza rada u kojoj se vrši obrada, pri čemu u izvjesnim slučajevima ona može iznositi čak i znatno manji dio vremena od ovih pomoćnih funkcija.

Krema tome je u stremljenju ka savremenoj proizvodnji tj. u primjenjivanju mjera racionalizacije i automatizacije i te kako važno i presudno podesno rješenje skraćanja ovih pomoćnih funkcija, što postizemo kako organizacionim tako i tehničkim mjerama.

Obzirom na činjenicu da u našim referatima imamo i jedan značajan rad o tačnostima i grješkama rada, odnosno o faktorima koji uplivišu na naš, pored same proizvodnosti, glavni cilj obrade tj. na kvalitet proizvoda, smatram da će diskusiji konačno pridonijeti i tu jedan šematski pregled faktora tačnosti i raznih uplivnih elemenata na grješke obrade.



Na slici 10 vidimo da postoje mnoga osnovna mjesta i faktori na kojima i od kojih nastaju grješke. Tako medju prvima imamo već sam materijal izrade uključujući vanredno važnu tehnologičnost konstrukcije s kojom i pored najbolje radione može tačnost unaprijed biti ugrožena ili čak neostvariva u traženoj kvaliteti. Poznata je izreka profesora Schlesingera, da na oštrici noža stoji dobit poduzeća, koliko god je to tačno smatram da nije potpuno, jer u najmanju ruku jednako tako je mjerodavna, simbolički rečeno, oštrica olovke u ruci konstruktora!

Daljnja važna mjesta i faktori grješaka, još sve prije samog stroja, su ispravni postupak i režim obrade, te odgovarajući alat i naprave. Sam stroj sa svojim strojnim elementima, te vitalnim sistemom, kojeg sačinjava pogon i upravljanje uključivo kontrole, te konačno njegova montaža i održavanje sačinjavaju posljednje, istina izmjenjive i posebno uplivne karike u lancu izvora grješaka. Ove mogu biti sistemom i njegovom funkcijom vezane i unaprijed sračunjive naravi ili neodređene, slučajne, stohastičke naravi. Prema tome prve možemo unaprijed predvidivim kompenzacijama svesti na minimalne vrijednosti, kao funkcione zračnosti i termičke dilatacije, a druge kao trošenja i razne nepredvidive uplive, tek složenim korekcionim uredjajima putem mjerenja i usporedjivanja rezultata sa zadanim vrijednostima, do željene veličine eliminirati.

Za sagledavanje veličina upliva raznih faktora i djelovanja u smislu korekcije potrebno je sistematsko istraživanje i analiza čije su osnovne linije zacrtane u posljednjem od predloženih referata.

Nakon ovog uvodnog izlaganja, koje ima kao već istaknuto za cilj sredjenje uglavnom poznatih osnova i elemenata automatizacije prema nekom sistemu izabranih kriterija podjele, možemo konačno preći na razglabanja pojedinih referata.

3. Diskusioni osvrt na priloge savjetovanja

Jedno od osnovnih načela svakom naučnom pa i stručnom ili bilo kojem prilazu nekim problemima je izvjesno razvrstavanje i sredjenje po nekom sistemu, kako bi na osnovu kriterija te, makar i proizvoljne podjele, mogli lakše sagledati one tačke koje razmatrani elementi imaju ili ne imaju, bez obzira još dali to znači za njih pozitivno ili negativno.

Držim tako da ovdje praktički mogu korisno poslužiti samo dvije podjele izuzimajući unaprijed onu po kvaliteti. Jednom bi mogli podijeliti referate u originalne naučne i stručne radove, teoretskog ili praktičkog karaktera, te izvještaje o tehničkim uspjesima i dostignućima naše industrije, a drugi put bi podjela mogla biti, bez obzira na karakter iznesenog sadržaja, po važnim faktorima za samu promatranu oblast automatizacije.

Za našu svrhu međjutim, kada se ne radi o davanju ocjene ili kritike na originalitet i dignitet rada, ili afirmaciju i bonitet proizvoda,

već na rezimirajući pregled i postavljanje stvari na određeni relativni nivo prema poznatim adekvatnim i željenim riješenjima u cilju ne da se izazove, već korisno potakne diskusija, mislim da je druga od navedenih podjela tj. ona po važnim faktorima za automatizaciju ne samo podesnija već ovdje i jedino ispravna.

U tome duhu i svrsi donešen je dakle slijedeći prilog da bi urodio što većom i dalekosežnijom koristi savjetovanja ovih naših već tradicionalnih i vrlo afirmiranih sastanaka.

U vezi ovog aspekta podjele, a u saglasnosti sa uvodno pod poglavljem 2. iznesenim pregledima podjela, mogu se naši referati svrstati u slijedećih 6 grupa:

I Teoretski osnovi automatizacije	1 ref.
II Upravljanje automatiziranih alatnih strojeva	5 ref. 1 koref.
III Riješenja automatiziranih pogona alatnih strojeva	1 ref. 1 koref.
IV Elementi automatskog upravljanja alatnih strojeva	2 ref.
V Pomoćni elementi automatizacije	1 ref.
VI Faktori tačnosti u automatiziranim alatnim str.	1 ref.

Kao što je vidljivo iz naše iako vrlo važne i aktuelne oblasti automatizacije postoji na ovom Savjetovanju samo 11 referata i 2 koreferata, koji će nam dva vrlo interesantna problema još posebno za diskusiju iznijeti. S tim možemo preći na izlaganje o pojedinim referatima po gornjem redosledu.

k grupa I. - Teoretski osnovi automatizacije

Po svom sadržaju uvodno svim referatima stoji jedan na polju čiste i stroge teorije automata s kojim su prof. ing. S. Zarić sa mašinskog fakulteta Beograd i dr. M. Urošević s tehnološkog fakulteta Beograd, dali ovom Savjetovanju svojom radnjom pod naslovom "Potencijalni asinhroni automati na bazi pneumatike" prilog visoko naučnog karaktera iz fundamentalne teorije konačnih automata.

Za realizaciju sistema samostalnog cikličkog rada, dakle rada po nekom proizvoljnom ali određenom programu koji se proizvoljno puta ponavlja, a to su kao što je u predhodnom izlaganju istaknuto dvije osnovne pretpostavke automata, primjenili su u sintezi ostvarenja pneumatske elemente.

U analizi polaze od jednadžbi postavljenog sistema, te razvijaju po-

sební matematski postupak uzajamne transformacije kanonskih jednadžbi primjenom računa matrica.

Ograničenost prostora referata prisilio je autore na vrlo skućeni i brezani prikaz, što je svakako za ovakav rad šteta. Većina naime sudionika takvog savjetovanja vjerovatno očekuje da se rezultatima referata i diskusija mogu na svom poslu odmah i bez velikih poteškoća praktički koristiti, te da i teoretska izlaganja iznesena na skupovima proizvodnog mašinstva budu u tome duhu, a to je radi prakse i za praksu. Stoga je šteta da se ovaj rad nije mogao u referatu bar sa jednim zaključkom i podacima neke makar i idealizirane, ali ipak konkretne i moguće praktične primjene dokumentirati uz tabelarne ili tekstualne numeričke podatke.

Ovaj se prividni nedostatak međjutim može lako u narednoj diskusiji odstraniti jednim uprošćenim i lakše shvatljivim opisom ovog teoretskog rada i dotičnih rezultata u pravcu praktične primjene, a na prosječnom nivou i interesnoj sferi učesnika.

k grupa II. - Upravljanje automatiziranih alatnih strojeva

Drugi prilog, a prvi iz grupe upravljanja i to kopirnog upravljanja je referat ing. P. Bajca iz Instituta za prostornu tehniku, Beograd, pod naslovom "Prilog automatizaciji struga hidrauličkim servosistemom". Rad spada u isti red teoretskih izlaganja kao i prethodni, međjutim u ovom slučaju se radi o nekim matematskim putevima prema jednoj ruskoj disertaciji.

I ovaj referat ima nažalost nedostatak da je na suviše skućenom prostoru zbito vrlo skraćeno teoretsko izlaganje. Ovo kao i nepotpuna, te sa slikama djelom neuskладjena legenda otežava svakako lak pristup problemu.

Iznašajući poznate nedostatke kopiranja s konstantnim uzdužnim pomakom u pogledu nejednake kvalitete površine, a svakako i ogranićenih kutnih mogućnosti kopiranja, autor prebacuje težište izlaganja na analizu stabiliteta kopirnog uređjaja pri zavisnom uzdužnom posmaku. Dakle za 2-koordinantno kopiranje obrisa do 180° otvora, uz zadatak konstantne putne brzine kao uslov jednake kvalitete površine.

Riješenje promjenjlive uzdužne brzine postignuto je hidrauličkim putem uz primjenu ticala koji pri prejakom otklonu aktivira još i dodatnu prigušnicu za uzdužni cilindar, kao što se to na slične načine već dugo od raznih firmi riješava.

Uočavajući poteškoće i približnog matematskog riješenja postojećih nelineariteta sistema isključuje ove i posmatra idealizirani linearni sistem. Za samo riješenje pomaže se, kao što je to danas česti i savremeni način rada, električnim modelom s ugodnom mogućnosti vizuelnog prikaza prelaza kroz razne kuteve kopiranja.

Ako su već učinjena približenja ispuštanjem nelinearnosti i s tim dobivene lakše mogućnosti matematskog prilaza problemu, bilo bi za praksu ipak vrlo interesantno da se je negdje ukazalo na veličinu ili red veličina grješaka odnosno odstupanja koja se tim postupkom mogu očekivati. Drugim riječima u kojim granicama tačnosti leže onda rezultati, kako bi takvi matematski prilazi mogli naći i širu primjenu.

U slijedećem prilogu ove grupe obradjuje ing. B. Robavs od Zavoda za automatizaciju zadružnog podjetja Iskra Kranj pod naslovom "Programsko krmiljenje obdelovalnih strojev" pregledno i vrlo sistematski u sažetom obimu najprvo opću problematiku i podjelu raznih programskih upravljanja alatnih strojeva, prelazeći potom na nešto detaljnije opise tri tipa programskih uređaja koje Iskra-Kranj već redovno izradjuje za razne naše domaće tvornice alatnih strojeva.

Tako je opisan mehanički programator za programske kartice pod nazivom "Procard" a izradjen u kooperaciji s firmom Ramstetter za 75 odnosno 150 koraka ili faza rada.

"Programator P 502" sa križnim razdjelnikom za primjenu na granično upravljanim glodačim strojevima, a u odgovarajućoj izvedbi i za tokarske obične i revolverske strojeve, veoma je zrela i napredna konstrukcija, jer je to već rezultat iskustva niza prethodnih izvedbi, te je svakako potpuno ravan u svojoj koncepciji sa izvedbama, koje primjenjuju druge renomirane evropske firme za takovo upravljanje.

Konačno je Iskra-Kranj i na području numerički upravljenih strojeva kao početnu konstrukciju veoma spretno i sretno izabrala upravo onaj tip programskog numeričkog upravljanja, koje je za uvadjanje takovih strojeva na tržište jedne mlade industrijske zemlje, radi svoje jednostavnosti, jeftinoće i široke primjene, baš vanredno podesna izvedba.

Navedeno riješenje, nazvano uređaj "PD 2012" takove je naime izvedbe, da se podesnim dekadnim preklopnikom (slično repetirnom stroju firme Heyligenstaedt) ručno programiraju numerički podaci jedne osi, a koordinate druge su graničnicima određene. U slučaju kontinuirano profiliranog oblika, ili neke naročite tačnosti, može se s tim na jeft-

tin način izvršiti predoperacija odnosno gruba obrada, a za završnu se automatski uključuje kopirno upravljanje (kao što su to na pr. riješile i firme Heyligenstaedt i Heid). S tim se izvanredno pojednostavljuje i pojeftinjuje inače zamašni i skupi upravljački uređaj, jer ni u kom slučaju ne treba interpolator. Isto tako se znatno reduciraju zahtjevi za veoma tačnim mjerenjem i kontrolom pozicija, što upravo predstavlja najznatniji udio u izvedbi i cijeni upravljačkog uređaja NU-strojeva.

Može se dakle slobodno reći da je ovom konstrukcijom i izvedbom Iskra-Kranj učinila veoma značajan korak usvajanja i uvođenja visoko automatiziranih strojeva domaće proizvodnje za domaće tržište pod najpovoljnijim uslovima.

Tim od tri saradnika članova tvornice alatnih strojeva IIR Železnik, inženjeri M. Milojević, Lj. Ristić i N. Mirjanić donose u grupi upravljanja referat pod naslovom "Numerički upravljane alatne mašine sa osvrtom na rešenja u fabrici IIR Železnik".

U prvom dijelu govori se vrlo općenito o poznatim i nekim posebnim aspektima podjele merodavnih faktora programsko upravljanih strojeva.

Drugi deo iznaša djelove jedne teoretske studije o zaustavnom procesu raznih kombiniranih riješenja zaustavljanja motorom, spojkom i kočnicom, za koja riješenja se donošaju podaci jednog ruskog instituta. No kako nema podataka o pokretanim elementima (mase, konstruktivne izvedbe saonica itd.) ne mogu se ti navedeni podaci prekontrolirati i usporediti tačnost teoretskih aplikacija.

Dobiveni rezultat nije međjutim ništa nova iskazao, jer je jasno da će uključenje kočnice preko zupčaste spojke radi svog trenutnog hvananja i djelovanja imati najkraći zaustavni put.

Što se tiče vlastitih ispitivanja o kojima je riječ u trećem djelu to je teško dobiti pravu sliku, jer se podaci teksta i slika ne slažu međjusobno.

Interesantno bi međjutim bilo svakako da su dani numerički podaci tolerancija zaustavnog puta, a ne samo srednje vrijednosti, jer se tek iz raspona tih toleranca može izvući zaključak o tačnosti pozicioniranja. Srednji put se može naime s predsignalom u programu uzeti u obzir, međjutim razlike na plus i minus koje govore o dosiživoj tačnosti nisu precizirane. Isto tako se ne vidi programom predviđeni tok zaustavljanja iz raznih radnih brzina, koji bi trebao biti riješen

bar u dva do tri stepena reduciranih brzina, ako se hoće postići tačan i ekonomičan rad! Ne izgleda da je i tu skućenost prostora bila razlogom što je pred općim izlaganjima i iz ruskih izvora preuzetim podacima upravo za najinteresantnija vlastita riješenja i ispitivanja ostalo premalo mjesta, pa će diskusija to sigurno vrlo korisno moći dopuniti.

Daljnji rad iz iste grupe upravljanja je referat ing. M. Milojevića iz IIR - Železnik koji obrađuje problem alata kao sastavnog djela u visoko automatiziranim NU alatnim strojevima, a pod naslovom "Prilog rešenju alata za numerički upravljane alatne mašine".

Nakon sistematskog izlaganja važnosti predhodnog podešavanja alata kao i organizacionih formi mašinskog programiranja, koje se uglavnom oslanja na u Evropi danas najviše primjenjeni i za ovdašnje potrebe najprikladniji "Ekapt-System", slijedi opis konkretnog riješenja tih važnih problema u IIR.

Iz tih izlaganja vidljivo je da su riješenja u IIR obzirom na kompleksni problem alata u sastavu NU strojeva, na uzornoj savremenoj visini. Ovo se odnosi kako za prethodno podešavanje tako i za osiguranje primjene ispravnog alata pri njegovoj promjeni u toku rada stroja primenom posebnog programiranog spremnika alata tzv. "kabinet alata", koji je uključen u automatsko odvijanje programa. Isto tako je praktički riješeno sigurno hvatanje i stezanje alata posebnim mehaničkim steznim uređajem, kao što se to u sličnim izvedbama kod boljih strojeva danas primjenjuje.

Kako je problem ispravnog, podešenog i tačnog alata, te njegova spretna promjena i umetanje, dakle manipulacija alatom, obzirom na karakter sporednog vremena izrade, jedan važan, ako ne i najvažniji faktor u ekonomiji skupocjenog radnog vremena visoko automatiziranih strojeva, to je dobrim riješenjem toga, uz ostalu kvalitetnu konstrukciju i izvedbu stroja, zagarantirana ekonomičnost istog, što izgleda da je tu slučaj.

Poslednji prilog iz grupe upravljanja je vrlo interesantan i veoma lijepo obradjen referat dr. ing. V.R. Milačića docenta Mašinskog fakulteta u Beogradu, koji je podnijeo rad iz Instituta za alatne mašine i alate pod nazivom "Prilog problemu adaptivnog upravljanja kod alatnih mašina".

U ovom referatu iznosi se pred našu tehničku javnost sigurno još slabije poznata i vani veoma mlada nova dostignuća u težnji za što boljom,

većom i ekonomičnijom proizvodnjom obradne tehnologije i cijelog kompleksnog pitanja oko stroja i procesa. Problem automatske optimizacije proizvodnog procesa uz primjenu najnovijih rezultata savremene tehnike danas je najaktuelnija tema razvoja u visoko industrijaliziranim zemljama. Međutim osim vrlo rijetkih iznimaka izvedenih uspješnih prvih pokušaja, do sad je samo temeljito sagledana problematika i načelno rješenje mogućnosti za postignuće tog cilja koji uključuje u sebe obuhvatanje funkcionalnih zakonitosti procesa rezanja sa istovremenim kontinuiranim mjerenjem utjecajnih poremećaja, te uključivanja u osnovni program rada i njegove optimalne uslove preko posebnih računara u svrhu višestране do svestrane optimizacije procesa obrade i proizvodnje.

Obzirom na izvanrednu važnost i perspektivnost ovih novih načina rada i upravljanja, koji će se sa stroja u skoroj budućnosti vjerovatno prenjeti i na izvjesne kompletne obradbene procese, kao što je to već slučaj u automatiziranim procesnim tvornicama, te nadalje obzirom na još pretežnu neobavještenost naših zainteresiranih drugova i poduzeća, kao konačno i obzirom na osnovnu koncepciju obrade ovog glavnog referata, tj. da se podjednako dotakne svih dostavljenih radova predložio sam, što je i prihvaćeno, da kolega dr. Mlačić u formi koreferata, a kao uvod u diskusioni dio donese jedan pobliži opis i tumačenje važnijih slika, čemu se radi ograničenog mjesta u svom referatu nije mogao odgovarajuće dovoljno posvetiti.

k grupa III. - Automatizirani pogoni alatnih strojeva

U grupi pogona koja u automatizaciji alatnih strojeva ima za upravljive, a s tim i regulirne pogone, veoma važan značaj, toliko da sa pedesnim rješenjem mogućnosti fine, sigurne i brze promjene brzine rada stoji i pada sama automatizacija, dakle u toj značajnoj grupi imamo na izlaganju ovog savjetovanja svega jedan referat i jedan koreferat, koji se posljednji prema tome neće ovdje tretirati već će biti u nastavku posebno iznesen.

Referat o kojem je riječ je izvještaj rada B. Antunovića iz IAS-Zagreb pod naslovom "Precizno pozicioniranje radnih vretena kod raznih tokarilica električnim putem".

Pored nekih nedorečenosti u tekstu i proizvoljnih prikaza u slikama, koje ne prikazuju ekzaktne rezultate ispitivanja po konkretnom referatu, već gruba približenja raznih općenitih karakteristika motora i

pogona, postoji glavna nedosljednost i krivi prikaz u samom naslovu radnje. Ovdje se naime radi isključivo o jednom poznatom i često primjenjivanom riješenju kočenja izmjeničnog motora istosmjernom strujom s doduše novim dodatkom prema dosadašnjim izvedbama utoliko, da se to kočenje vrši uz istodobno djelovanje oslabljene glavne izmjenične struje, s namjerom postizanja stacionarnog stanja okretanja vrlo reduciranom brzinom, ukoliko to naravno motor s termičke strane izdrži. O samom nazivu „preciznog“, pa ni grubog ili bilo kakvog pozicioniranja električnim putem s tom mjerom ne može ovdje biti ni govora, jer električno pozicioniranje znači izravno električno tačno stajanje na određenom mjestu ili kutu, a za to postoji danas samo i jedino neposredno riješenje putem takozvanih mnogopolnih "step-motora". Medjutim za samo pozicioniranje pri iznesenom riješenju radnje, potreban je tu kao i u svim sličnim riješenjima još posebni uređaj indeksiranja, koji se ručno ili automatski treba aktivirati.

Riješenje koje je predloženo može tehnički, ali samo za kratka vremena djelovanja i uz malu snagu i maloju učestalosti ukopčanja, stajati uz bok poznatim riješenjima na pr. elektromehanički preko podesnih reduktora, ili čisto električki putem tiristorskog odreznog upravljanja statorske struje, ili dvorotorskih motora uz istodobno istosmjerno kočenje jednog rotora (riješenje Siemens) ili pak novog tiristorskog frekvenčnog upravljanja za postizanje reduciranih brzina. Pitanje je samo dali to predloženo riješenje, uz stvarnu prednost vanredno reduciranih okretaja, može nasuprot spomenutim i već primjenjivanim riješenjima, a uz nedostatak da nije nikako za trajan pogon i uz to samo s vrlo reduciranom snagom, predstavljati i ekonomski opravdano riješenje, jer je tu pored izvora relativno jake istosmjerne struje potreban još posebni izmjenični postavni transformator.

Takvo jedno ekonomsko usporedjenje i s tim praktična opravdanost ovog prijedloga, koje u izvještaju nedostaje, doprinjelo bi svakako bitno ocjeni vrijednosti i primjenjivosti tog rada i iznad njegovog načelnog tehničkog riješenja za neke sasama specijalne slučajeve. To bi bilo svakako zgodno da nam diskusija još nadopuni.

k grupa IV. - Elementi automatskog upravljanja alatnih strojeva

U ovoj grupi obradjuje isprva referat ing. V. Zrnića iz Instituta "Mihailo Pupin" pod naslovom "Memorijski pneumatski razvodnici i njihova primena u radnim jedinicama", bit i osnove memorijskih razvodni-

ka kao važne elemente logičkih sklopova u raznim riješenjima upravljačkih problema. Preko njihovog zadatka i konstrukcionog ostvarenja u Institutu MP, te opisa funkcije u jednoj stereotipnoj šemi rada dolazi do specijalnog i spretnog rješenja ugradnje sa ostalim osnovno pripadajućim djelovima u tzv. "automatski pneumatski cilindar".

Na taj način nije više potrebno za jednostavne programe "tamo-amo" s odredjenim brzinama, slagati uređaj od nekoliko pripadajućih upravljajućih elemenata tj. memorijskog razvodnika, preklopnog ili uklopnog razvodnika, te kombiniranog podesivog prigušno-nepovratnog ventila, nego su ti djelovi već konstruktivno vrlo spretno ugrađeni u glavi samog ravnog cilindra.

Ovo predstavlja za našu industriju svakako jedan veoma značajan korak naprijed u stremljenjima da se malom automatizacijom odnosno odgovarajućim transfer-manipulativnim uređajima pomogne u traženjima rješenja racionalne i automatske proizvodnje.

Kao drugi referat u ovoj grupi imamo zajednički rad dr. ing. M. Sekulića i ing. D. Kneževića, oba iz Instituta za prostornu tehniku Beograd pod naslovom "Primena pneumoničkih sistema u automatizaciji alatnih mašina".

Članak obradjuje sasvim općenito mogućnosti upotrebe i primjene novih rješenja u upravljanju alatnim strojevima s pneumatskim strujnim bezkontaktnim i mirujućim elementima tzv. pneumoničnim elementima (logički elementi na bazi pneumatike tzv. fluidics). Pored apsolutno pozitivnih prednosti ispušten je iz vida važan nedostatak, a to je zakažanje uslijed zaprljanja, te jedan kritični osvrt na usporedbu s adekvatnim električnim rješenjima, a iz čega bi se mogao izvući zaključak da ova nova tehnika nije nikako nadomjestak postojećih električkih rješenja, već jedna zgodna dopuna za posebno odgovarajuće slučajeve. Isto tako bi i nekoliko slika, te važnija literatura korisno popunila taj referat i potvrdila tamošnje navode, kao na pr. podatak o brzini reagiranja od 4000 Hz, jer zadnji literaturni podatci koji su nama bili dostupni govore još o 400 Hz. No budući da su vjerojatno mnogi sudionici ovog savjetovanja prisustvovali pred nedugo vrijeme dvoma opsežnim seminarima o toj temi, koje su u Zagrebu održali naš Fakultet strojarstva i brodogradnje u saradnji s JUREM-om, to se mogu te iako vrlo nove stvari, kao donekle poznate pretpostaviti.

U drugom djelu nabraja se jedan niz izvedenih sistema upravljanja i pozicioniranja s tom novom tehnikom, primjenjeno po raznim renomira-

nim firmama. Medjutim navedeni podatci tačnosti pozicioniranja od $\pm 0,025$, $0,50$ i čak $0,076$ mm tj. ± 25 , 50 i $76 \mu\text{m}$ nisu baš takova tačnost koja bi se morala kao naročito dostignuće istaknuti, budući da su savremeni zahtjevi a i postignuti rezultati dobrih uređaja za pozicioniranje znatno veći, te se kreću u redu veličina ispod $10 - 1 \mu\text{m}$, a s korekcionim uređajima čak još manje! Moguće da se tu radi o jednom nesporazumu koje će nam diskusija lako račistiti i dopuniti.

k grupa V. - Pomoćni elementi automatizacije

Iz ove svakako vrlo važne i uz automatizaciju usko vezane grupe imamo jedan referat ing. A. Šijakovića iz Instituta "Mihailo Pupin", Beograd pod naslovom "Jedinica za dotur materijala, tehničke karakteristike i primena u kolima male automatizacije".

Tu je obradjen rad, konstrukcija i primjena jedne posebne pneumatske radne jedinice u "priručnoj automatizaciji" ili kako autor naziva "u kolima male automatizacije".

Ova je jedinica po šemi, konstrukciji i radu adekvatna postojećim stranim izvedbama i predstavlja po izvršenim ispitivanjima i dotjerivanju vrlo uspjelu domaću konstrukciju, koja ima puno pravo da dobije najširu primjenu svugdje gdje treba izvjesnim, procesom stroja određenim periodicitetom vršiti translatorne kretnje. Takav slučaj postoji ne samo kod svih presa, kako je to opisano, već i kod drugih alatnih i preradnih strojeva masovne proizvodnje kod kojih se samo tim načinom može postići povišenje proizvodnje uz istovremeno povećanu ekonomiju i kvalitetu izrade, a uz oslobađanje čovjeka od takta stroja i opasnosti posluživanja.

Prema tome je taj uređaj zajedno s automatskim cilindrom apsolutno pozitivan i značajan doprinos u priručnoj automatizaciji radnih procesa, te zreo za opću i široku primjenu.

k. grupa VI. - Faktori tačnosti u automatiziranim alatnim strojevima

Kao posljednji referat iz naše danas tretirane oblasti automatizacije donio je ing. B. Popović iz Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, jedan vrlo seriozni i sistematski naučni rad o danas sve više aktuelnoj automatskoj kontroli i uplivnim faktorima na tačnost, pod naslovom "Elementi tačnosti obrade u automatskoj kontroli".

Tu se isprva obradjuje teoretskom analizom tzv. aktivna automatska kontrola s funkcijom vezom u toku rada kako svakako najaktuelnija vrsta automatske kontrole za podizanje kvalitete izrade, povecanje proizvodnje i snizenje cijene izrade, dakle za postizanje sve vece vrijednosti osnovnih faktora automatizacije.

Zatim se postavlja blok šema reguliranog sistema po kojoj se tražena dimenzija kontrolira u ulaznom usporednom elementu sa postavljenom vrijednosti, a odstupanja u + ili - pretvaraju se preko uobičajenih elemenata pojačanja, akomodacije i transformacije u analogni pomak držača noža. Izvršeni nalog pomaka kontrolira se neposredno, a s tim rezultat na tačnost posredno, sa zadanim i po potrebi vrši odgovarajuća korekcija. Medjutim ova druga povratna veza može prema nekim izvedbama i otpasti kada se kontrola dimenzije, na pr. bezkontaktnim mjerilima kao kod brušenja, stalno vrši, jer tu kroz neposredni kontrolni element već postoji jedna povratna veza koja daje diferencni signal za korekciju položaja alata.

U daljnjem prilaženju problemu postavlja do finesa promišljenu sistematizaciju gješaka, kojoj nema zamjerke za neko teoretsko razglabanje do krajnjih uplivnih faktora. Pita se samo dali smo u praksi stvarno u stanju da dobijemo siguran i tačan podatak jedne konačne male veličine kao rezultat veoma velikog nabrojenog niza grješaka raznih izvora i razloga, koju svaku za sebe možemo samo nekim približenjem obuhvatiti. Može se naime dogoditi da sva ta mala približenja i faktori nesigurnosti dadu na koncu veće sumarno odstupanje nego li je stvarna grješka. S tim bi veliki teoretski napor, osim svakako jednog vrlo vrijednog saznanja o izvorima i redu veličina grješaka, ostao bez izravne koristi za neki konkretni slučaj. Medjutim upravo navedena načelna saznanja po predloženoj sistematizaciji dovest će do mogućnosti preliminarnog izbjegavanja grješaka saznanjem o njihovim izvorima i udjelu.

Sam proračun je doduše teško slijediti jer u skučenom prostoru nisu dani matematski podatci o definiciji tamo navedenih krutosti vretena, nosača alata i šiljka. S druge strane se podatci o traženim krutostima od $1 - 1,5 \cdot 10^6$ kN/mm dadu ekonomski vrlo teško zastupati.

U svakom slučaju je ovaj referat jedan veoma pozitivan doprinos našoj nauci po problematici sredjenja i otkrivanja grješaka i njihovih upliva, tako da ima medju rijetkim referatima ovog Savjetovanja unatoč kratkom izlaganju obilježje naučnog rada.

4. Z a k l j u č n e m i s l i

Na završetku ovih izlaganja želio bih još iznijeti svoj lični skupni dojam po predloženim referatima uz popratne misli i želje za daljnji rad.

Uspoređujući ostale dvije tretirane oblasti našeg Savjetovanja vidi se da su kako obrada rezanjem, tako i sami strojevi obrade, odnosno njihova konstrukcija, svaka zstupljena spram automatizaciji skoro u duploj količini radova. To ukazuje na činjenicu da problematika automatizacije i njena primjena ne leži samo u njenoj možda općenitoj i apsolutnoj novosti ili zamršenosti, već vjerovatno i u tome što je zato kod nas do sad ulagano još premalo napora i snaga iako se tek prikladno odmjerenom primjenom automatizacije mogu postići vrhunski rezultati u ekonomičnoj eksploataciji strojeva i njihovih procesa.

Vjerujem da će tome veoma korisno poslužiti upravo ova naša savjetovanja, na kojem ovogodišnjem je ta oblast ipak zastupana pojačano i svakako kvalitetnije nego ranije. Osjeća se, kao što smo vidjeli da razni sektori automatizacije paralelno oživljuju. Mnogi su radovi već prešli fazu naučnog eksperimentiranja radi formalnog rada i ušli u ispravno naučno istraživanje radi praktične primjene. Put naših pojedinih grupa automatizacije stoga je zacrtan, treba ga samo dosljedno i uporno slijediti uz prioritarno ulaganje većih sredstava.

I na kraju htio bih istaknuti još iskrenu želju da naša izlaganja posluže i urode za sve učesnike plodnom i korisnom izmjenom misli i iskustava kroz diskusiju i lične kontakte, a s trajnim dojmovima za što veći uspjeh ovog kao i narednih savjetovanja, koja nas eto svake godine u ovako lijepom broju i konstruktivnom skladu ugodno sjedinjuju u skupnom cilju dobrobiti opće naše zajednice.

V. Šolaja x)

OBRADA REZANJEM - UVODNI REFERAT xx)

1. Uvod

Na prethodna dva savetovanja proizvodnog mašinstva⁺⁾ dat je presek kroz osnovne probleme koji se susreću pri obradi rezanjem [1], kao i sistematizovani pregled informacija iz svetske literature u 1967 godini [2]. Može se prihvatiti da su na taj način bili definisani osnovni trendovi u ovom danas već klasičnom području proizvodnog mašinstva, stručno i naučno, međjutim, veoma interesantnom zbog ozbiljnih zahteva u smislu povišenja proizvodnosti operacija i kvaliteta mašinskih delova, sniženja cene obrade, rastuće uloge sigurnih predikcija uslovljenih stalno pooštavanjem uslovima pouzdanosti kompleksnih tehnoloških tokova i traženja za mogućnošću obrade sve teže obradljivih materijala ili komplikovanijih oblika. Još uvek bez konačnih odgovora na niz fundamentalnih pitanja mehanike rezanja, interakcija alat-radni predmet ili efekata rezanja na najraznovrsnije karakteristika članova obradnog sistema, specifična istraživačko-razvojna aktivnost, pored značaja za proširenje fronta znanja, radja nova tehnološka rešenja i inovira postojeća.

Jedan od praktičnih ciljeva ove kreativne delatnosti je da u području oblikovanja radnih predmeta, koje još uvek, a verovatno i u do- glednoj budućnosti, suvereno drži, stalno, međjutim, izazivanom rastu- ćim mogućnostima ostalih obradnih metoda, konvencionalnih i nekonven- cionalnih, obezbedi konkurentsku sposobnost koja se verifikuje tehni- čkim parametrima na unutrašnjem (u odnosu na druge obrade) i ekonoms- ko-plasmanskim parametrima na spoljnjem planu - na tržištu roba.

x) Vladimir B. Šolaja, dipl.ing., red. profesor Mašinskog fakulteta, direktor Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, 27 marta 80

xx) Uvodni referat za oblast obrade rezanjem na V Savetovanju proiz- vodnog mašinstva

+) III Zvezno posvetovanje o tehnološkom strojništvu, 30. i 31. mar- ta 1967 godine u Ljubljani i IV Savjetovanje proizvodnog mašinst- va, 9. i 10. maja 1968 godine u Sarajevu

Informacije iznete na prethodnom Savetovanju [2] u pogledu relativno visokog uдела cene rezanja u bruto nacionalnom dohotku jedne industrijske zemlje ^{x)}, sa pretpostavkama o rentabilnosti investicija u unapredjenje rezanja kroz prioritarno programiran i visokoorganizovan istraživačko-razvojni napor na nacionalnom planu, u proteklom jednogodišnjem periodu su, čini nam se, obezbedile samo nove argumente svoje verodostojnosti.

Svakako da se istraživačko-razvojne aktivnosti u svom praktičnom uticanju na povišenje tehnoloških efekata procesa proizvodjenja metalske industrije kreću na liniji pitanja kao što su na primer definisanje i uvođenje u praksu optimalnih režima obrade, objektivna analiza tehnoloških troškova operacija obrade i njihovo minimiziranje, uporedno utvrđivanje postojanosti alata različitih isporučioaca, pouzdano planiranje normativa potrošnje alata, konstruisanje i uvođenje u primenu novih i specijalnih reznih alata ili razrešavanje kritičnih problema obrade u pojedinim specijalnim slučajevima.

U okviru nastojanja u nas, jugoslovenski projekat obradljivosti domaćih konstrukcijskih materijala pri obradi domaćim alatima ulazi u petu godinu svog života, a ima za cilj da na sistematski način dovede do pouzdanih podataka po prvom navedenom pitanju. U svom hodu istovremeno, međjutim, razvija osnove za efikasne intervencije u ostalim. Pritom valja istaći postavljenu i mahom verifikovanu viziju napredovanja u dva smera: (i) kompleksno pristupanje optimizaciji tehnoloških parametara obradnih sistema, u čemu rezni alat predstavlja važan član, mnogostrukim interakcijama povezan sa svim ostalim članovima sistema, i (ii) unošenje novih dimenzija i inicijativa u tekući program ispitivanja obradljivosti sa ciljevima vezanim za dalje unapredjenje znanja, proširenje istraživanja na još neobuhvaćena područja obrade, povišenje moći predikcije na širem frontu primene reznih alata u industrijskoj praksi i za širu konkretnu eksploataciju kreiranog i asimilovanog znanja u proizvodnim uslovima.

Ne ulazeći ovde u dublje analize glavnih trendova u oblasti obrade rezanjem i njihovih reperkusija na domaće uslove proizvodjenja, valjalo bi prema indiciranim generalnim linijama ceniti i jugoslovenska istraživačka nastojanja na planu obrade rezanjem, posebno radova koji su

x) U odnosu na podatak da u SAD cena rezanja predstavlja 5% bruto nacionalnog dohotka (GNP), pretpostavljeno je, verifikujući to brojem alatnih mašina u našoj metalnoj industriji, da je taj udeo u nas najmanje 2%.

izvedeni u proteklom jednogodišnjem periodu, a izneti su u osamnaest referata [3] - [20] prezentiranih na V Savetovanju.

Okvirni pregled u narednom odeljku glavnih problema obrade rezanjem tretiranih u proteklom periodu prema ograničenom i proizvoljno izabranom broju napisa u stručnoj i naučnoj publicistici [21] - [134] u periodu 1968/69 godine omogućuje da se na realniji način proceni domaći doprinos prikazan na V Savetovanju. U trećem se odeljku na sistematičan način daje kritički osvrt na domaće radove pripremljene za Savetovanje [3] - [20], pri čemu se u argumentovanju pojedinih stavova koriste i neke ranije informacije [135] - [150], dok se u poslednjem pokušava dati određene zaključke vezane za protekli period i za bližu budućnost.

2. Neke informacije iz istraživanja obrade rezanjem u 1968/69 godini

Slično kao i na IV Savetovanju [2] može se konstatovati da je u proteklom jednogodišnjem periodu u svetskoj opštetehničkoj i specijalizovanoj literaturi izneto mnoštvo stručno-naučnih informacija relevantnih za područje obrade rezanjem i reznih alata, te pokušaj da se iznese jedan veoma ograničen presek kroz najnoviji doprinos specifičnom znanju treba s obzirom na ciljeve izlaganja da se orijentiše ka ukazivanju na određene istraživačko-razvojne pravce, bez kritičke analize pojedinih napisa.

Pregledom se obuhvata ukupno 114 naslova [21] - [134], od kojih 100 iz strane, a 14 iz domaće literature. Od naučnih konferencija održanih u razmatranom periodu, posvećenih, između ostalog, i oblasti reznih alata i rezanja obuhvaćeni su referati sa dve: Konferencija C.I. R.P. održana septembra 1968 godine u Nottingham-u, Engleska (28 rada) i 5. Celoslovenska tehnološka konferencija priredjena oktobra 1968 godine u Košicama, ČSSR (17 radova).

Informacije sadržane u pregledom obuhvaćenim člancima mogu se svrstati u tridesetak zasebnih grupa problema, koji se kreću u širokom dijapazonu od produbljivanja fundamentalnih pitanja teorije rezanja i novih metoda identifikacije procesa (primenom korelacijskih funkcija i kompjutera) do konstrukcijsko-tehnoloških realizovanja novih i poboljšanih vrsta reznih alata. Uprkos prisutnog mešanja problematike moguće je ustanoviti četiri osnovne grupacije tretiranih pitanja: 2.1. - osnovni problemi rezanja, 2.2. - ispitivanje performansi alata i rezanja, 2.3. - problematika povezana sa pojedinim vrstama ob-

rade, i 2.4. - neka izdvojena praktična pitanja. Ovom prilikom valja istaći da je ova podela izvršena iz praktičnih, a nikako ne iz nekih principijelnih razloga.

2.1. - Osnovni problemi rezanja

Daje se pregled radova iz mehanike rezanja, sa konstrukcijom dinamometara, toplotnim pojavama, naponskim stanjem površina, hrapavošću i ispitivanjem površine alata kao izdvojenim pitanjima; sem toga neki radovi iz naredne grupe (na primer, iz obradljivosti ili habanja, a i adaptivnog upravljanja) tesno su vezani za fundamentalnu problematiku.

U mehanici rezanja R. Connolly i C. Rubenstein [21] s jedne i R. Piispannen [22] s druge strane su dali značajan doprinos formiranju kontinualne strugotine pri ortogonalnom rezanju, dok ga G. Carro-Cao i B. Bartalucci [23] vezuju za obradni sistem. Deformaciju strukture pri rezanju razmatra G. Köhler [24], dok G. Perotti [25] ispituje korelaciju vitkosti strugotine i ugla smicanja. J. Buda i saradnici [26] daju doprinos utvrđivanju deformacije i napona u zoni rezanja, a I. Primus [27] utvrđuje raspodelu napona u kontaktnoj zoni za legure aluminija, olova i cinka. J. Šalek [28] ispituje poseban slučaj formiranja strugotine pri obradi na strugu s prekidima, dok J. Hrubec [29] koristi naglo zaustavljanje bušenja za ispitivanje specifičnih uslova plastičnog tečenja.

H. Weber [30] uvodi jednostavni model plastičnosti u uporednu analizu poznatih jednačina za otpore rezanja, dok B. K. Lambert i saradnici [31] utvrđuju jednačine za silu rezanja u funkciji brzine, koraka, dubine rezanja i radijalnog grudnog ugla. G. Dunay [32] predlaže proširene obrasce za aksijalnu silu i momenat pri bušenju nekih Al-legura. Varijaciju sile pri glodanju glodačkim glavama utvrđuje I. Kažimir [33], a R. Mitrović [34] ispituje zakonitost efektivne snage u zavisnosti od režima glodanja valjkastim glodalima.

U naredna dva rada tretira se kompleksnije problematika mehanike rezanja: A. K. Pal i F. Koenigsberger [35] ispituju uticaj ugla nagiba sečiva na ugao odvodjenja strugotine (Stabler-ov zakon [136]), sile, sabijanje strugotine i na kvalitet površine, a C. Rubenstein [36] daje doprinos rasvetljavanju plastične deformacije i sile kod rezanja alatima s ograničenim kontaktom na grudnoj površini. Dok se informacija koju daju K. Uehara i Sh. Kumagai [37] odnosi na stvaranje strugotine, hrapavost i sile rezanja u uslovima veoma intenzivnog hladje-

nja, B.R. Mac Manus [38] konstatuje da naizmenična struja intenziteta do 300 A uvedena u kolo alat - mašina - radni predmet efektom periodičnog zagrevanja mesta rezanja utiče na varijaciju sabijanja strugotine i ima povoljan efekat na dinamičku stabilizaciju obradnog sistema.

U pogledu merenja sila, H. Fischer [39] opisuje trokomponentni dinamometar za statičko i dinamičko ispitivanje, R. Graziosi i M. F. Jona [40] dvokomponentni dinamometar za ispitivanje aksijalne sile i momenta pri bušenju, dok R. Levi [41] razmatra vrednovanje performansi merača otpora. Za ispitivanja sila pri brušenju razvijen je specifični trokomponentni dinamometar (G. K. Lal [106]). C. Rubenstein i saradnici [105] s jedne i J. Crisp i saradnici [42] s druge strane razvijaju dinamometre za merenje sila pri rezanju jednim abrazivnim zrnom.

J. N. Greenhow i C. Rubenstein [61] pokušavaju da uspostave odnos stepena pohabanosti i toplotnog stanja u momentu katastrofalnog razaranja sečiva, te pokazuju da je prisutan invarijantan temperaturski nivo za datu kombinaciju alat - radni predmet. D. Vukelja [43] analizira toplotni režim pri prekidnom rezanju na strugu, S. Zahar [44] utvrđuje temperaturu pri glodanju valjkastim glodalima, a H. Lowack [45] razmatra temperaturu pri rezanju čelika alatom od tvrdog metala.

L. Gribovszki [46] i J. Strnava i J. Solanka [47] iznose rezultate ispitivanja zaostalih naprezanja u površinskom sloju radnog predmeta posle mašinske obrade.

Od načelnih radova u vezi sa kvalitetom površina valja istaći informaciju koju daje J. R. Vitenberg [48] iz koje se vidi da se i u SSSR-u intenzivnije radi na primeni korelacijske analize pri identifikaciji kvaliteta površina, dok A. Virtz [49] i J. Nara [50] daju priloge tipologiji, odnosno dvodimenzijском predstavljanju hrapavosti, a W. Degner [51] iznosi neke rezultate ispitivanja kvaliteta površine posle mašinske obrade. K. Uehara i Sh. Kumagai [37] utvrđuju i hrapavost kao jedan parametar kvaliteta u obradi pri ekstremnom hladjenju.

V. Palka [52] ispituje jačinu sečiva pločice tvrdog metala pri oštrenju dijamantskim točilom, a J. Buda i saradnici [53] elektrohemijским postupkom, dok F. Betz [54] istražuje prelazno područje grudne na leđnu površinu. V. Palka [55] prikazuje topografiju pohabanih i oštrenih radnih površina pločice tvrdog metala i dijamantskog zrna u točilima primenom elektronskog mikroskopa.

2.2. - Ispitivanje performansi alata i rezanja

U odeljku se razmatra habanje alata sa potpitanjima primene radioaktivnih izotopa i lomova alata, široka problematika obradljivosti i s njom povezana ekonomičnost obrade, kao i nekoliko izdvojenih pitanja: simulacija operacije, tačnost za hladjenje, vibracije, tačnost obrade i adaptivno upravljanje.

J.P. Basu i saradnici [56] razvijaju stohastički model za habanje ledjne površine, dok W.K. Luk i R.F. Scrutton [57] razmatraju uzroke koji dovode do formiranja žljebova (koncentrisano habanje) na ovoj površini. S.N. Filonenko i N.S. Molodcov [58] ispituju fizičku suštinu habanja strugarskog noža pri obradi legiranog čelika, a V.C. Venkatesh i saradnici [59] širenje habanja kod reznih alata. J. Goč [60] uvodi termin "hipotetičko početno habanje pre početka rezanja", do čega do vodi linearizacija zakona habanja u prisustvu ubrzanog inicijalnog habanja. J.N. Greenhow i C. Rubenstein [61] analiziraju toplotno-mehanički ekvilibrijum u momentu početka katastrofalnog razaranja sečiva. K.S. Tsao i saradnici [62] predlažu originalnu metodu sa prozirnim plastičnim otiscima kratera habanja, sa mogućnim definisanjem njegovog oblika povlačenjem izohipsi pri postupnom smanjenju visine otiska glačanjem. V. Čop [63] povezuje habanje vrha alata sa tačnošću obrade, A.O. Schmidt [64] ispituje uticaj krutosti sistema radni predmet - mašina na habanje ledjne površine alata, dok Ž. Marković i M. Bogdanović [65] utvrđuju uticaj grudnog ugla glodačkih glava sa tvrdim metalom na habanje sečiva.

V.A. Bobrovskij i J.A. Solov'ev [66], kao i J. Ellis i G. Barrow [67] nastavljaju ranije radove vezane za uticaj termoelektromotorne sile generisane u kolu alat - mašina - radni predmet na proces habanja; prva dva autora u jednom daljem radu [68] pokušavaju povezati smanjenje termoelektromotorne sile u kolu glodalice usled formiranja elektrotopnog oksidnog sloja u vremenu dok je zubac van zahvata sa radnim predmetom, B.R. Mac Manus [38] namerno uvodi intenzivni tok struje u kolo čime remeti i uobičajeni termomehantički balans i dovodi do poboljšanja operacije.

J. Koten [69] koristi tehniku radioaktivnih izotopa za ispitivanje habanja burgija.

Uzroke za ispadanje alata od tvrdog metala iz rada sistematizuje J.M. Galamberti [70].

U okviru međunarodnog projekta obradljivosti CIRP, H. Takeyama i saradnici [71] uporedno ispituju obradljivost japanskog i evropskog čelika deoksidiziranog primenom kalcijuma, dok K. Okushima i saradnici [72] studiraju oksidni sloj na površini alata pri obradi iste vrste čelika. Može se ovde istaći elaborat kolektiva autora Instituta za alatne mašine i alate [73] o parcijalnim rezultatima ispitivanja obradljivosti izvedenim u toku 1968 godine. H. Mütze [74] referiše o obradljivosti vatrootpornih materijala, a P.P. Krjučkov i E.V. Kovalević [75] ispituju obradljivost livenog gvoždja legiranog s aluminijem. R. Musilkova [76] i F.W. Boulger [77] iznose informacije iz sistematskog ispitivanja obradljivosti aluminijevih legura, a J. Baron [78] i A. Podgornik i saradnici [79] o obradljivosti legura na bazi bakra. J. Dagnell [80] predlaže rangovanje obradljivosti primenom metode konstantne sile pomoćnog kretanja, a P. Mathon [81] je razvio postupak utvrđivanja obradljivosti na malim uzorcima. Z. Prikrič [82] iznosi predlog standardnog postupka za uporedno ispitivanje kompleksne obradljivosti pri obradi struganjem i glodanjem, a B. Popović [83] predlaže postupak rangovanja ureznika u odnosu na njihovu optimalnu geometriju pri izradi zavojnice. N.I. Pas'ko [84] pokušava sa primenom funkcije pouzdanosti i predlaže metodologiju optimizacije višealatne pripreme obradnog sistema, dok L. Sauer [85] razmatra problem ekvivalentne postojanosti pri varijaciji brzine rezanja uslovljene konfiguracijom radnog predmeta.

Pitanja ekonomike i optimizacije mašinskih operacija razmatraju u svojim napisima G.L. Ravignoni [86], B. Colding [87], W. Pentland [88], E.H. Frost-Smith i H.R. Marten [89] i H.E. Trucks [90]; B. Ivković [91] iznosi osnove za proračun optimalne potrošnje reznog alata, D. Vukelja i V. Simonović [92] su izveli proračun optimalne obrade rezanjem na strugu u odnosu na osnovne relevantne faktore, a B. Ivković [93] razmatra uslove eksploatacije glodala.

R. Venkataraman [94] pokazuje mogućnost simulacije komplikovanih operacija (bušenje burgijama, urezivanje zavojnice) jednostavnom operacijom rendisanja.

W. König i N. Diederich [95] saopštavaju o mogućnostima povišenja postojanosti alata sa tvrdim metalom primenom hemijski aktivnih tečnosti za rezanje.

Problemima adaptivnog upravljanja rezanjem su posvećena tri rada: B. Porter i R.D.J.M. Summers [96] su primenom kompjutera simulirali je-

danaest funkcija da bi se utvrdila samooptimizirajuća strategija za upravljanje kompleksnim performansama obradnog sistema, dok D.A. Gall [113] govori o adaptivnom upravljanju u operaciji odsecanjem, a A. de Filippi i R. Ippolito [97] o adaptivnom upravljanju pri obradi na strugu.

R.L. Kegg [98] razmatra samopobudno oscilovanje pri malim brzinama rezanja.

2.3. Problematika pojedinih vrsta obrade

Odeljak sadrži pregled informacija iz obrade glodanjem, bušenjem, zavojnice, odsecanjem, brušenjem i superfinišom, zatim iz alata za obradu drveta i primene obrade pri vibrisanju visoke učestanosti.

U oblasti glodanja navode se radovi koje su izveli B. Ivković [93] u pogledu projektovanja eksploatacijskih uslova glodala, R. Mitrović [34] o snazi glodanja u zavisnosti od režima obrade, S. Zahar [44] o temperaturi glodanja i Ž. Marković i M. Bogdanović [65] u pogledu uticaja grudnog ugla na habanje glodačkih glava.

Za operaciju bušenjem J. Stanić [99] daje sažet pregled rezultata ispitivanja izvedenih u Institutu za alatne mašine i alate, dok J. Hrubec [29] ispituje plastične deformacije u zoni rezanja.

Š. Švaral [100] teži da pri izradi zavojnice na strugu na delovima iz vatrootpornog čelika ostvari što bolji kvalitet površine, i daje uslove maksimalno dopuštene pohabanosti noža.

G. Pahlitzsch i A. Willems [101] referišu o svojim rezultatima ispitivanja odsecanja čelika cirkularnim testerama sa karbidnim i brzo-reznim segmentima.

Operaciji brušenja je posvećen veći broj radova. O. Imanaka i saradnici [102] razvili su tehniku za analizu mehanizma formiranja strugotine, dok T. Suto [103] pokazuje aparaturu za merenje reznih elemenata na tocilu. Simulaciju procesa brušenja izveo je G. Kassen [104], dok su radovi koje su izneli J. Crisp i saradnici [42], C. Rubenstein i saradnici [105] i G.K. Lal [106] vezani za merenje sila pri brušenju. T. Loladze i G. Bokučava [107] analiziraju mehanizam trošenja abrazivnih zrna veštačkog dijamanta usled adhezivnog, abrazivnog, difuzionog i kombinovanog habanja, a G. Pahlitzsch i R. Schmidt [108] referišu o ravnanju tocila dijamantskim valjčićima za ravnanje. R.S. Hahn [109] razmatra probleme pri brušenju vatrootpornog čelika velike ja-

čine, dok M. Jovičić [110] iznosi osvrt na istraživanje oštrenja alata izvodjeno u Institutu za alatne mašine i alate. V.A. Volsatov i A. P. Sviridov [111] i H. Kaliszer i M. Limb [112] ispituju primenu tehnike ultrazvuka pri brušenju, dok D.A. Gall [113] izveštava o primeni adaptivnog upravljanja pri odsecanju brušenjem.

Dok su sovjetski autori E.P. Kudisov i M.F. Fridman [114], G.I. Butorin [115] i F.G. Ruban i saradnici [116] angažovani na ispitivanju belegija sa veštačkim dijamantom u obradi superfinišom, pri čemu, međutim, ne izveštavaju o postignutoj hrapavosti manjoj od $R_a = 0,05 \mu\text{m}$. V. Šolaja i M. Kaplarević [117] pokazuju da se sa jugoslovenskom pneumatskom jedinicom za superfiniš, zahvaljujući njenoj visokoj dinamičkoj stabilnosti postiže i četiri puta bolji kvalitet.

Neke interesantne nove podatke za alate za obradu drveta i plastičnih masa iznosi H. Bacher [118].

Ultrazvučne vibracije pri obradi na strugu ispituje R. Skelton [119], pri operaciji provlačenjem H. Takeyama i U. Kasuya [120], a pri brušenju H. Kaliszer i M. Limb [112], pri čemu su konstatovane određene prednosti u pogledu sila, kvaliteta obrade i postojanosti, dok su V. A. Volsatov i A.P. Sviridov [111] razvili instrumentaciju za čišćenje tocila ultrazvukom.

2.4. - Neka izdvojena praktična pitanja

U poslednjem se odeljku daje pregled radova u takvim oblastima kao što su alatni materijali, geometrija, kinematika i konstrukcija alata i problemi podešavanja alata van mašine.

H. Koch [121] iznosi pregled novih poboljšanih vrsta brzoreznog čelika razvijenih u D.D.R., a informacija firme Krupp [122] govori o pločicama tvrdog metala tipa jednostrukog iskorišćenja (throw-away) kod kojih je posebna tehnologija izrade obezbedila žilavo karbidno jezgro i tanak sloj (debljina 4 - 8 μm) iz TiC, otporan na habanje: pri radu bez prekida, posebno pri višim temperaturama utvrđeno je povišenje postojanosti do šest puta.

B. Popović [123] utvrđuje vrednosti kinematskih uglova kod ureznika, pri čemu je izneti nomogram ilustracija rada iznetog na V Savetovanju [7].

N.J. Campbell u dva napisa [124], [125] razmatra pitanje geometrije reznih alata, a S. Wirfelt [126] opisuje oblik i način rada karbidnih

pločica jednostrukog iskorišćenja sa trostepenim lomačem strugotine kod kojih i posle habanja grudne površine ne dolazi do promene oblika i toka strugotine. U specijalnom izveštaju američkog časopisa Metalworking [127] daje se pregled novih tendencija u konstrukcijama reznih alata u 1969 godini, dok K. Schmalz [128] izveštava o novim konstrukcijama glodala i o njihovoj optimalnoj eksploataciji, a R. J. Hammink [129] o konstrukciji strugarskog alata sa slobodnoobrotnim reznim diskom. A.R. Trim [130] ispituje dejstvo posebne konstrukcije lomača strugotine.

U nekim pitanjima nameštanja alata van mašine pišu E. Süchting [131], W.G. Sachs [132], G.M. Ryvkin [133] i N.I. Pas'ko [134].

3. Pregled referata iz obrade rezanjem na V Savetovanju

Za V Savetovanje je u području reznih alata i rezanja pripremljeno ukupno osamnaest radova, od kojih je po jedan iz Instituta za alatne strojeve, Zagreb [18], Instituta Mašinskog fakulteta, Novi Sad [5], Industrije SINTAL, Zagreb [15], Instituta "Iskra", Ljubljana [17] i Strojarsko-brodogradjevnog fakulteta, Zagreb [6], tri iz Instituta za strojništvo, Ljubljana [8] - [10], a ostali iz Instituta za alatne mašine i alate, Beograd [3], [4], [7], [11], [12], [13], [14], [16], [19] i [20].

Ovi se radovi mogu svrstati po nekoliko grupa problema, i to:

- 3.1. - alatni materijali: [15],
- 3.2. - teorija rezanja: [3], [5], [7], [11], [16],
- 3.3. - obradljivost: [3], [8], [9], [10], [12], [13], [14], [17], [18], [19],
- 3.4. - kratki postupci: [10], [12],
- 3.5. - kvalitet površine: [4], [8], [20],
- 3.6. - krutost alata: [11],
- 3.7. - glodanje: [6], [12], [13], [14], [18],
- 3.8. - testerisanje: [17], [19], i
- 3.9. - završna obrada: [4], [20],

pri čemu se neki nalaze i u više grupa. U daljem se tekstu iznose osvrtni na ove radove, razmatrane po gornjim grupama, a prema osnovnoj

problematici koju tretiraju.

3.1. - U grupi ALATNI MATERIJALI razmatra se jedan rad.

D. Dužević [15] iznosi podatke koji dosada nisu bili na programima savetovanja proizvodnog mašinstva, ali su značajni za realizaciju kvalitetnih alatnih materijala, u ovom slučaju višefaznih metalokeramičkih sistema. Pošto je veličina zrna sirovog materijala pre sinterovanja tvrdog metala važan ulazni faktor x^1 , a s obzirom na to da se prema uobičajenim zahtevima srednji prečnik sirovine treba normalno da kreće ispod $10 \mu\text{m}$, a često i samo $3 \mu\text{m}$, za selekciju adekvatne sirovine i za utvrđivanje raspodele čestica po veličini neophodne su fizičke metode koje odstupaju od klasičnog prosijavanja primenom postrojenja sa sitima rastuće finoće. Koristeći literaturne podatke, autor je razvio merni uređaj šematski prikazan u radu na slici 3, koji koristi nejednoliko taloženje suspenzije praha u tečnosti zavisno od njegove veličine i varijabilnu propustljivost svetlosti te suspenzije zavisnu od njenog sastava. Na osnovu Stokes-ovog zakona za vertikalnu brzinu padanja kuglastih čestica i zakona o slabljenju intenziteta svetlosnog snopa koji prolazi kroz homogenu suspenziju čestica praha u prozirnoj tečnosti, autor je razvio odgovarajuću teoriju za korišćenje svog instrumenta, pri čemu je morao uvesti određene pretpostavke i tako zvanu "nultu aproksimaciju", čime je omogućen relativno jednostavan iterativni postupak za izračunavanje kumulativne krive raspodele. Autor je pokazao da metoda omogućuje dobijanje sigurnih približavanja stvarnim krivima raspodele čestica po veličini, reproduciбилna je i osetljiva je na male razlike u raspodeli medju različitim uzorcima.

Uprkos tome što rad pripada veoma specijalizovanom području, dosta udaljenom od svakodnevne prakse metaloprerade, njegovo uključivanje u program V Savetovanja svakako donosi određeno proširenje područja interesovanja proizvodnih stručnjaka na materijale reznih alata prisutne u njihovim svakodnevnim naporima i odlukama.

3.2. - U grupi TEORIJA REZANJA referiše se o četiri rada, iako i neki drugi sadrže elemente ove grupe.

Medju teorijskim pitanjima kinematike rezanja od znatnog praktičnog

x) Slično se odnosi i na keramičke alatne materijale, pri čemu se neke opštije informacije mogu naći u ranijem napisu referenta [135].

interesa za definisanje optimalnih reznih elemenata alata je pravac odvodjenja strugotine na grudnoj površini, meren u ravni te površine u odnosu na normalu na sečivu, i njemu svoj rad posvećuje J. Stanić [3]. Problem je razmatran sa dva stanovišta: (i) eksperimentalna provera empirijskog zakona $\rho = \lambda (\rho = \text{ugao odvodjenja strugotine, u originalnom svom radu u kome predlaže svoj empirijski zakon G. Stabler [136]}$ koristi za ovaj ugao simbol δ , $\lambda = \text{ugao nagiba sečiva}$) u zavisnosti od mogućnih faktora (brzina rezanja v , korak noža s , dubina rezanja δ , napadni ugao α , grudni ugao γ i λ), i (ii) utvrđivanje rezultujućeg ugla odvodjenja strugotine ρ_r za slučaj odvodjenja strugotine sa višesečnog noža ili noža sa zaobljenim vrhom.

U sistematskim eksperimentima pri rezanju na strugu ugljeničnog čelika jačine $\sigma_m = 70 \text{ kp/mm}^2$ brzoreznim noževima ustanovljen je uticaj samo λ i v , i za te je uslove definisan empirijski zakon $\rho = \lambda v^{-0,075}$. Nadalje je, pod pretpostavkom opterećenja pojedinih elemenata sečiva proporcionalnog njihovim dužinama predloženo određivanje rezultujućeg pravca vektorskim zbirom parcijalnih, uvažavajući intenzitete. U cilju provere ove hipoteze izvedeni su sistematski eksperimenti, i iznoseći kao primer podatke u slici 5 u autorovom radu uočava se dobro podudaranje eksperimentalnih sa teorijski očekivanim vrednostima.

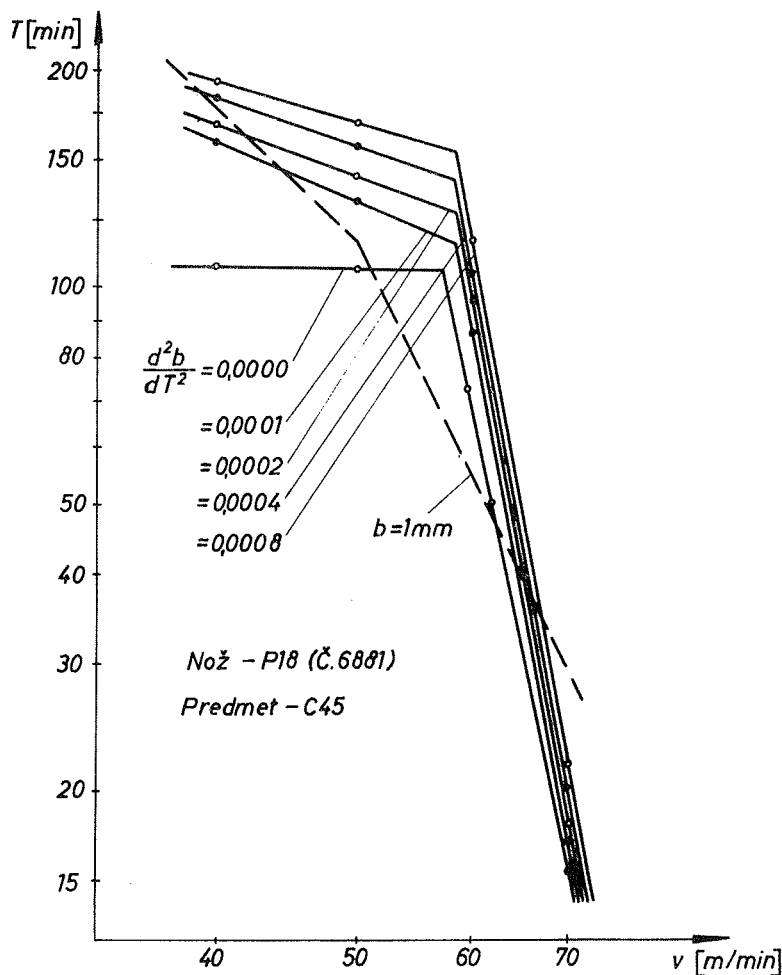
Pored mogućnih drugih pitanja referent ima primedbu na pretpostavku o veličini parcijalnih sila F_1 (ove u svom sukobljavanju opredeljuju rezultujući pravac daljeg kretanja toka strugotine definisan sa ρ_r) toka strugotine u grudnoj površini proporcionalnoj dužini sečiva. Verovati je, naime, da će na te parcijalne tokove, pri istom koraku s , a u zavisnosti od veličine grudnog ugla i debljina strugotine biti različita, bez obzira čak na mogućnu varijaciju stepena sabijanja strugotine, i da stoga po svom efektu nisu nužno linearno korespondentni dužinama odgovarajućih delova sečiva. Ovo bi pitanje, a takodje i objašnjenje predloženog empirijskog zakona zasluživalo dalju teorijski obradu uz neophodne eksperimentalne verifikacije.

Utvrđivanje objektivnog kriterijuma zatupljenja reznog alata predstavlja jednu od najvažnijih indikacija obradljivosti, te mu je posvećen velik broj stranih, a isto tako i domaćih radova. Pritom se polazi sa različitim pretpostavki rukovodjenih uglavnom praktičnim razlozima. S. Sekulić predlaže u svom referatu [5] neku određenu vrednost ubrzanja habanja (drugog izvoda krive habanja po vremenu) kao nov kriterij postojanosti reznog alata. Koristeći podatke iz izvedenih

eksperimentata pri obradi na strugu legiranog konstrukcijskog čelika i ugljeničnog čelika C 45 alatima iz brzoreznog čelika Č.6881 određene geometrije i pri konstantnom preseku strugotine $1,5 \times 0,2$, autor je prikazao varijaciju širine pojasa habanja na ledjnoj površini b u funkciji vremena rezanja T , kao što je na primer snop krivih za četiri brzine za drugu vrstu čelika na slici 4 u radu. Pritom su krive povučene kao srednje vrednosti iz najmanje po tri opita. Grafičkim diferencijaljenjem su, zatim, dobijene krive db/dT i d^2b/dT^2 u zavisnosti od T , i na donjem dijagramu na slici 4 je na osnovi analize dobijenih krivih kao kriterij postojanosti usvojena vrednost 0,0001 (za legirani čelik je, međjutim, ta vrednost iznosila 0,02). Vraćajući se nazad u dijagram $b = f(T)$ dobijeni su kritični pojasevi habanja za pojedine brzine, što je omogućilo istovremeno uspostavljanje Taylor-ovog zakona $T = f(v)$ u narednim slikama u radu.

Iako ubrzanje procesa habanja može imati određeni fizički smisao u pogledu približavanja stanju kada alat gubi rezna svojstva, nije dovoljno objašnjeno zbog čega bi, sem konvencije, ta vrednost trebala da bude ista za sve brzine rezanja. Bez korelacije sa adhezivnim, abrazivnim i korozivno-difuzijskim aspektima habanja, temperaturnim poljem ili sa silama, ovaj postupak nije adekvatno teorijski fundiran. Nadalje, predloženi kriterij nije povezan ni sa jednim tehnoekonoms-kim parametrom obrade, i nije stoga jasno koji je smisao praktične predikcije koja iz njega proističe. Za primenu je, sem toga nepraktičan: valja izvoditi dvostruko grafičko diferencijaljenje niza krivih, pri čemu izneti primeri pokazuju određenu mogućnost proizvoljnosti u prevojnim tačkama (vrednosti bliske 0). Pošto nisu data područja rasturanja rezultata iz pojedinih serija opita nije poznata statistička pouzdanost izabranog kriterija i njegove reperkusije na vreme do prekida rezanja i na merodavni pojas habanja, ali uz određeno naše iskustvo sa krivim habanja mogla bi se očekivati znatnija odstupanja. Nije jasna ni suština iskazane, ali neobjašnjene analize dobivenih krivih koja dovodi do određivanja merodavne veličine kriterija (0,0001, odnosno 0,020). Za razmatrana dva slučaja razlika se kreće u odnosu 1:200, a od interesa bi bilo ispitati kakav je uticaj izvesne varijacije usvojenog kriterija na T-v krive. U tom se cilju na slici 1 reprodukuju T-v krive za rezultate prema slici 4 rada za interval kriterija $d^2b/dT^2 = 0,0000 - 0,0008$, dok se istovremeno isprekidanom linijom unosi i T-v kriva za kriterij postojanosti $b = 1$ mm. Sem povećane nepouzdanosti grafičkog određivanja preseka ka-

da d^2b/dT^2 teži 0, što dovodi do povećane nesigurnosti vrednosti za $v < 60$ m/min, referentu nije moguće da uoči neke bitnije razlo-



Sl. 1. T-v krive pri obradi čelika Č 45 za vrednosti kriterija $d^2b/dT^2 = 0,0000 - 0,0008$ prema rezultatima iznetim na slici 4 u referatu S. Sekulića [5]; isprekidana linija se odnosi na kriterij $b = 1$ mm.

ge, sem eventualne želje da se ograniči maksimalna vrednost pojasa habanja. Ovo bi, međjutim, navelo na razmatranja koja autor u uvodu svog rada odbacuje. Na kraju se sa pravom može posumnjati da se ista vrednost kriterija (a verovatno se teži da on bude neka konstanta materijala, pošto očigledno ne može predstavljati apsolutnu konstantu) neće izmeniti pri varijaciji koraka noža, dubine rezanja ili geomet-

rije alata.

Iz navedenih razloga, uključujući i nedostatak fizičkih interpretacija i nedovoljnu eksperimentalnu evidenciju, referent je sklon ozbiljnoj sumnji da se, uprkos optimizmu autora, predloženi tretman za utvrđivanje dozvoljene vrednosti pojasa habanja može šire koristiti kao osnovni, univerzalni kriterij postojanosti reznih alata, i veruje da bi dalji eksperimenti sa izmenjenim uslovima potvrdili opravdanost iskazane neverice.

Sistematsko ispitivanje reznih karakteristika ureznika omogućilo je da kao zasebno pitanje spregnuto sa lomovima ureznika kao mogućim kritičkim faktorima u njihovoj eksploataciji B. Popović [7] u svom radu da detaljnu analizu kinematičkih vrednosti za osnovne uglovne parametre koji definišu geometriju ureznika i merodavni su za njegove eksploatacijske karakteristike: ledjni ugao α_k , ugao nagiba zubaca ulaznog dela λ_k i grudni ugao γ_k (indeks k se odnosi na činjenicu da je reč o kinematičkim uglovima). Pritom je na drugom mestu [123] autor izneo i odgovarajući nomogram za praktično korišćenje. Iako autor konstatuje da lom ureznika pri izradi neprolaznog otvora (rupe) dolazi usled gnječenja započete ali u svom korenu neodvojene strugotine pri promeni smera kretanja u povratnom hodu, što i ilustruje slikom 1 u svom radu, nije potpuno jasno iz njegove slike 2 o uzročnoj povezanosti dveju činjenica, a nedostaje i potreban komentar. Po svojoj veličini registrovana vrednost momenta torzije u povratnom hodu (deo c-d) je istog reda veličine, pa i manja od suprotnosmernog momenta na samom početku rezanja, a znatno manja od maksimalne vrednosti radnog momenta. Bilo bi stoga korisno detaljnije ispitati i obrazložiti koji uslovi dovode do višestruko većeg momenta u povratnom hodu ureznika i odatle i do loma, i kako na to utiču njegovi kinematski uglovi, posebno ugao α_k .

U svom prevashodno teorijskom radu posvećenom kretanju koje se odvija u zoni rezanja, D. Vukelja [16] na kompleksniji način nego što je to uobičajeno u radovima o rezanju pokušava da definiše kinematske odnose u kočionom sloju, kao i u gornjim slojevima strugotine. Koristeći elemente teorije plastičnosti, termodinamike, matematske fizike i hidromehanike, i uz pretpostavke o neprekidnosti, izotropnosti i nestišljivosti materijala radnog predmeta, autor postavlja za elementarni delić sisteme diferencijalnih jednačina kretanja, uticaja deformacije, njene brzine i temperature na otpor promeni oblika i jednačine energije, pri čemu, uz dodatak potrebnih jednačina plastičnosti, pre-

nosa toplotne energije, kretanja i energije okolnog fluida, rešenje u postavljenom obliku postaje praktično neizvodivo. Uz određena i opravdana uprošćenja i rešenja postavljenih jednačina strujnica, autor, međutim, dolazi do izraza za tražene brzine kretanja delića slojeva i brzinu deformacije u gornjim slojevima strugotine. Odredjivanje kinematskih parametara u kočionom sloju pokazalo se da nije moguće na ovaj način, te se kao osnova za proračun koristi analiza deformacije mikrostruktura dobijenih naglim prekidanjem rezanja i pripremom odgovarajućih metalografskih proba. Grafičkim integralenjem došlo se do zakona brzine kliženja strugotine po grudnoj površini, dok je veličina ojačanja utvrđena merenjem mikrotvrdoće na različitim mestima probe.

Zaključci koji proističu iz izvedenog rada za koji je u najvažnijim elementima data i određena eksperimentalna evidencija, odnose se na (i) mogućnost da se primenom principa hidromehanike odrede kinematski parametri u svim tačkama zone deformacije, a ne samo u jednom preseku, (ii) mogućnost odredjivanja oblika profila strugotine u različitim presecima u zoni njenog kontakta sa grudnom površinom, što u daljoj razradi može koristiti za utvrđivanje optimalnog oblika reznih elemenata u nekim posebnim slučajevima, i (iii) postuliraju se osnove za nov mehanizam stvaranja kratera na grudnoj površini. Nasuprot ranijoj teoriji o stvaranju niže topive tečne faze u intimnom kontaktu između tvrdog metala i čelika koju je pre više od deset godina u Engleskoj predložio E.M. Trent [137], ili teoriji o difuzijskom habanju koju prihvata niz istraživača u poslednje vreme, autor anticipira da je glavni uzrok za intenzivno stvaranje kratera balans brzine deformacije (koja dovodi do veoma velikog ojačanja) i temperature, koji se uspostavlja u korist prvog uzroka pri povišenju brzine rezanja, pri čemu potvrdu nalazi u izvedenoj teorijskoj analizi i zapaženom velikom povišenju mikrotvrdoće. Moguće je, međutim, postaviti pitanje o korelaciji indeksa izmerene mikrotvrdoće u momentu izrade metalografske probe u odnosu na stvarne odnose u zoni kontakta strugotina - grudna površina alata u vremenu rezanja.

3.3. - U grupi OBRADLJIVOST analizira se samo jedan rad, iako još devet drugih radova sadrži materiju ove grupe.

Utvrđivanje podesnih uslova rezanja je poseban problem pri obradi teškoobradivih materijala, te se prilog B. Justina [9] odnosi na ispi-

tivanje obradljivosti tri vrste visokomanganskog liva korišćenog za delove otporne na habanje. Pored uobičajenog manganskog liva sa 12 - 14% Mn, tvrdoće 395 HB (oznaka Mn), programom su obuhvaćene dve u pogledu obradljivosti poboljšane varijante, tvrdoće 236 HB (X) odnosno 211 HB (Y), bez bližih podataka o drugim karakteristikama, uključujući otpornost na habanje. Pritom je zapaženo znatno rasturanje vrednosti za tvrdoću kod vrsta Mn i Y, dok je u cilju uštede u eksperimentalnom materijalu kao kriterij zatupljenja usvojena nešto manja širina pojasa habanja nego što bi to moguće bilo opravdano, $B = 0,4 \text{ mm}$, što u određenoj meri može da ograniči praktičnu upotrebljivost ostvarenih rezultata. Pri korišćenju strugarskih alata sa zalemljenim pločicama tvrdog metala vrsta K10, M20, P30 i P40, mahom proizvodnje dveju firmi, i sa potrebnim ponavljanjem individualnih opita pri tri brzine rezanja bilo je moguće da se uobičajenim statističkim postupkom trasiraju najverovatnije Tajlorove prave u duplologaritamskim koordinatama $T-v$. Iz dijagrama iznetih u radu je očigledno da su sa pločicama K10, pri geometriji reznih elemenata $\gamma = 3^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\rho = 75^\circ$, $r = 0,5 \text{ mm}$ i pri završnom oštrenju dijamantskim tocilima postignuti najbolji rezultati. Pošto se je varijanta manganskog liva X pokazala kao povoljnija, poredjenje dijagrama 1 i 2 u referatu pokazuje: (i) daleko manje rasturanje rezultata iz ponovljenih opita i za različite vrste tvrdog metala, (ii) sniženje inače čestih lomova sečiva i ubrzanog habanja vrha noža kao najopterećenijeg elementa, i (iii) povišenje ekonomske brzine rezanja preko 6 puta (od $v_{60} = 10,5 \text{ m/min}$ na $v_{60} = 67 \text{ m/min}$). Prikazani rezultati imaju praktičan značaj, pošto je utvrđeno da se povećana cena manganskog liva po varijanti X višestruko nadoknadjuje povišenjem tehnokonomskih efekata pri njegovoj obradi.

3.4. - U grupi KRATKI POSTUPCI čini se osvrt na dva rada.

U svom radu Z. Seljak [10] saopštava rezultate iz izvedenih serija kratkih opita poprečnom obradom na strugu konstrukcijskog čelika Č.1530 sa noževima iz osam vrsta brzoreznog čelika. Polazeći od osnovnog cilja kratkog opita - brzo dobijanje pouzdanih podataka uz mala ulaganja i jednostavnu ispitnu tehniku - usvojen je kao kriterij zatupljenja smanjenje dubine rezanja za 25%, dok je na način sličan pokušajima poznatim iz literature (na primer, u radu citirane informacije Van Dongen i Stegve iz 1936, Lorenz iz 1963 ili Mathon iz 1967, a takodje i nenačeljeni napisi Šolaja iz 1957 [138], Kuljanić iz 1967

[139] ili Wolf i Jakobs iz 1967 [140]) računski odredio moguće vrednosti elemenata Taylor-ovog obrasca za postojanost. Koristeći uobičajen statistički postupak i programski jezik FORTRAN 2 obradjeni su eksperimentalni podaci i trasirane odgovarajuće T-v krive, a moguće je da se utvrde indeksi relativne obradljivosti za pojedine vrste i termičke tretmane brzoreznog čelika. Valja, međutim, istaći određene načelne rezerve u odnosu na postupak poprečne obrade koji se odvija pri velikom intenzitetu habanja, te je u načelu proces ekstrapolacije, uvek u odnosu na dugotrajne eksperimente skopčan sa određenim rizikom u pogledu pouzdanosti. Pri poznatom Taylor-ovom eksponentu m ovaj je rizik svakako smanjen, dok kao postupak relativnog vrednovanja različitih vrsta alatnih materijala zaslužuje definitivnu pažnju. S tim se u vezi može ukazati i na raniji pokušaj u Institutu za alatne mašine i alate da se jedna varijanta poprečne obrade koristi i za alate sa tvrdim metalom [141].

Verovatno veoma značajan doprinos kratkim postupcima za definisanje relativne obradljivosti, a isto tako, uz određene uslove, i za utvrđivanje apsolutne obradljivosti u vidu Taylor-ove funkcije $T = f(v)$ predstavljaju koncizno iznete informacije u radu B. Ivkovića [12], pri čemu je predložena nova radioaktivna metoda, uz zadovoljavajući nivo razvijene eksperimentalne tehnike, u dobroj meri verifikovana na operacijama glodanja čelika brzoreznim glodalima valjkastog, koturasnog i vretenastog oblika. Zasnivajući se na jednoj ranijoj ideji predloženoj u SSSR, koju, međutim, njen autor, Prof. N.F. Kazakov, nije po našem saznanju dalje razvio, autor je na osnovu velikog broja eksperimentalnih krivih habanja koje je aproksimirao izrazom $h = C_1 \cdot T^2$ (h = širina pojasa habanja na ledjnoj površini) došao, diferencijaleći vreme po habanju, do takozvane otpornosti na habanje u obliku $O = C_2 \cdot h^{ul}$, koja predstavlja vreme potrebno da bi se na ledjnoj površini javio pojas habanja određene širine (na primer 1 mm).

Pod pretpostavkom opšteg važenja zakona habanja iskazanog jednostavnom eksponencijalnom funkcijom, određivanje T-v kriva je u principu moguće dovoljno tačnim utvrđivanjem otpornosti na habanje O. Za realizaciju ove ideje autor je trebalo da primeni dovoljno senzitivni eksperimentalni postupak koji će moći u kratkim intervalima rezanja sa potrebnom tačnošću identifikovati povećanje pojasa habanja, pri čemu klasični optički postupak ne dolazi u obzir. Kako se ukupna radioaktivnost snižava smanjenjem radioaktivne mase, nanošenje radioaktivnog materijala u tankom sloju na ograničenom području ledjne strane

zupca, čija će se površina, pa prema tome i radioaktivnost, smanjivati povećanjem širine pojasa habanja predstavlja u načelu podesan način. Sem toga od autora razvijena tehnika nanošenja radioaktivnog kobalta $Co\ 60$ elektrohemijским deponovanjem u sloju debljine jednog mikrometra ima u pogledu i mogućnosti primene i sigurnosti rada izvanredne prednosti u odnosu na postojeće postupke ozračivanja cele zapremine alata: red veličine ukupne radioaktivnosti velikog glodala kod novog postupka je $0,036\ \mu C$ u odnosu na aktivnost pločice težine ispod 3 gr. od 5 - 10 mC po postojećim postupcima. Autor je pozitivno verifikovao postupak u pogledu objektivne konstantnosti uslova merenja radioaktivnosti deponovanog sloja u tekućim eksperimentima, korelacije radioaktivnosti (njen intenzitet u impulsima na minut R) i stvarnog habanja, kao i uticaja mikrosloja kobalta na proces habanja, i na primeru obrade čelika Č.1530 valjkastim brzoreznim glodalom u istosmernom i suprotnosmernom glodanju utvrdio zakonitost otpornosti na habanje 0 i trasirao odgovarajuće T-v krive. Pored objektivnosti rezultata koje valja očekivati iz predloženog postupka, autor posebno ističe prednost u pogledu smanjenja vremena rezanja za gotovo 40, a potrebnog materijala za preko 20 puta u odnosu na klasičan postupak, uz mogućnost da se primenom istog glodala i šipke radnog predmeta dobiju kompletne informacije za utvrđivanje T-v krive, čime se smanjuju uticaji slučajnih varijacija (varijacija istorodnog materijala, većeg broja alata i uticaj preoštravanja).

Iako postupak predstavlja veoma značajno unapredjenje eksperimentalne tehnike za objektivno utvrđivanje parametara obradljivosti pri rezanju, referentu se čini da je umesno prokomentarisati dva zasebna pitanja koja zaslužuju pažnju.

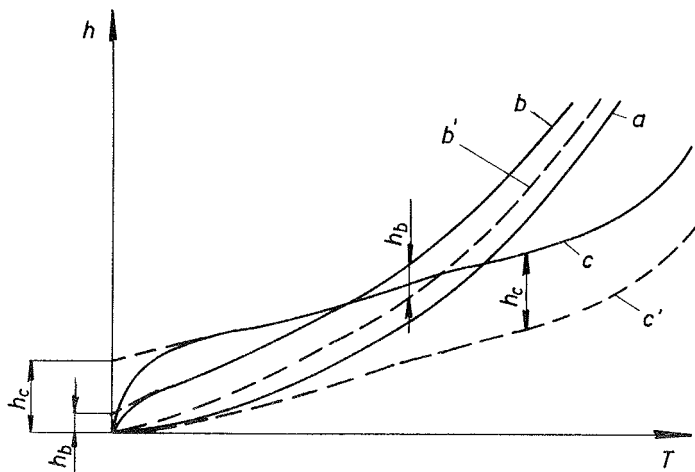
Na slici 3 u referatu autor pokazuje nelinearan pad radioaktivnosti R [imp/min] pri povećanju širine pojasa habanja h, pri čemu je posle neke utvrđene veličine radioaktivnosti ($R = 9.000\ \text{imp/min}$, čemu odgovara pojas habanja $h = 0,16\ \text{mm}$) njeno opadanje usporeno. Iako pouzdane krive baždarenja lako mogu u praktičnim ogledima kompenzovati inače očekivanu linearnost, može biti od interesa postaviti nekoliko hipoteza o poreklu nelinearnosti. (i) Promena sistema sila na leđnoj površini (rast otpora prodiranja sa povećanjem pojasa habanja) i prateće elastične deformacije u graničnoj zoni kontakta koja predstavlja front širenja habanja, ne može, naravno, dovesti do većeg pojasa habanja nego što ga indiciran radioaktivan postupak, ali granični elastični kontakt, nedovoljan za proces habanja osnovnog materijala, mo-

že dovesti do početnog otiranja ili stanjenja deponovanog radioaktivnog mikrosloja, i stoga do smanjenog intenziteta zračenja u daljim fazama habanja. (ii) Delići naslage na sečivu koji se pri relativnom kretanju sečiva prelivaju preko njega i deponuju na obradjenoj površini mogu pri prolazu mimo ledjne površine zupca svojim abrazivnim dejstvom više uticati na radioaktivni sloj nego na osnovni materijal, što dovodi do efekta stanjenja sloja kao pod (i). U sličnom bi smeru hemijsko-mehaničkim interakcijama mogla dejstvovati i tečnost za hladjenje. (iii) Debljina radioaktivnog sloja nije ista po celoj širini nanetog pojasa. (iv) Pokazni instrument nije linearan u datom intervalu merenih veličina. Pozitivno verifikovanje postavljenih ili nekih drugih hipoteza može dovesti do određenih poboljšanja mogućnosti predikcija (prve dve hipoteze) ili eksperimentalne tehnike (druge dve hipoteze).

Drugi komentar se odnosi na zakon habanja iskazan jednačinom habanja $h = C_1 \cdot T^2$, pri čemu autor pretpostavlja njegovo važenje od samog početka rezanja. Pošto se predloženim radioaktivnim postupkom sa određenom sigurnošću ne utvrđuju apsolutne, već relativne koordinate dveju bliskih veličina habanja, one određuju, preneto u duplogaritamski dijagram snop paralelnih pravih, od kojih je potrebno na osnovu određenih konturnih uslova - u razmatranom slučaju je to zahtev da habanje počinje od početka rezanja po istom zakonu kao i docnije - odrediti onu koja odgovara stvarnom procesu. Sa tom pretpostavkom autor redom određuje veličine C_3 , u , C_2 , C_1 i z , što mu, konačno, omogućava da definišući dovoljan broj krivih habanja i uz usvojeni kriterij zatupljenja preko granične vrednosti za h nacрта i obračuna Taylor-ov obrazac $T = f(v)$.

Nažalost, prihvaćeni eksponencijalni zakon habanja u različitim vrstama obrade, uključujući i glodanje, nije nužno u važnosti od samog početka rezanja, nego je veoma često, u određenim slučajevima i veoma izraženo, intenzivnije inicijalno habanje, što i dovodi do poznate klasične podele krive habanja u tri zone habanja (ubrzanu habanje na početku rezanja ostrim alatom, glavna zona habanja koja se može aproksimirati eksponencijalnim zakonom, pri čemu je moguće da eksponent z bude veći, ili manji od 1, i zona ubrzanog habanja pri katastrofalnom razaranju sečiva). Na pojavu inicijalnog habanja ukazuju i krive za $v = 44,5$ m/min i $v = 37,5$ m/min na slici 2 autorovog rada, dok se na slici 2 principijelno ukazuje na tri slučaja: kriva a odgovara autorovoj krivoj iz slike 2 njegovog rada za brzinu rezanja $v =$

= 27,8 m/min, kriva b autorovim krivima za dve veće brzine rezanja, a kriva c uobičajenoj krivoj habanja poznatoj iz niza opita iz-



Sl. 2. Stvarne krive habanja ledjne površine alata a, b i c i translatorno pomerene do koordinatnog početka b' i c'.

vedenih u svetu i kod nas u na primer obradi na strugu ili na bušilici. Ekvidistantne, isprekidano izvučene linije b' i c', pomerene u dijagramu na niže za veličine h_b i h_c se svakako mogu iskazati zakonom $h = C_1 \cdot T^z$, dok, međutim, stvarnim krivima habanja odgovara samo izraz $h = C_1 \cdot T^z + h_i$, gde je sa h_i označena nužna translacija krive habanja prouzročena inicijalnim habanjem.

Uz izneto se mogu predočiti i dva primera koji proističu iz autorovih rezultata. Autor je u svojim eksperimentima ispravno izbegao uticaj početnog habanja prethodno režući pri brzini rezanja $v = 44,5$ m/min ostrim alatom probni deo u vremenu od 20 min, što je dovelo do pojasa habanja $h = 0,1$ mm; kada u datom slučaju ne bi bilo razlike u toku habanja, koja se eventualno takodje može iskazati eksponencijalnim zakonom pri drugim vrednostima koeficijenta C_1 i eksponenta z , potrebno bi vreme, međutim, iznosilo oko 35 min. Nadalje, ukoliko bi se koristili podaci o vremenima u kojima se postiže granična širina pojasa habanja $h = 0,4$ mm, izračunati sa osnovom na učinjenoj pretpostavci da nema inicijalnog habanja, dobila bi se postojanost za oko 10% veća nego što se postiže iz stvarnih krivih na slici 2 u radu autora.

Referentu se čini da izneto jasno ukazuje na izvanredan doprinos koji

nova metoda može da pruži u daljem radu na sistematskom ispitivanju obradljivosti, uz neophodnost da se u cilju većeg usaglašavanja stvarnošću značajan napor uloži u zakonitosti koje opredeljuju uticaj inicijalnog perioda habanja na njegov stvarni nivo.

3.5. - U grupi KVALITET POVRŠINA razmatra se samo jedan rad od osnovnog značaja, dok se u još nekoliko drugih iznose neki interesantni podaci.

Polazeći od kvaliteta površine kao značajnog uticajnog faktora na radne performanse mašinskih delova i uvažavajući relativno malo habanje reznog alata i dopuštene velike brzine rezanja pri obradi aluminijskih i njegovih legura, posebno onih namenjenih obradi na automatima, P. Leskovar 8 ispravno smatra da hrapavost obradjene površine postaje u tom slučaju primarni kriterij obradljivosti.

U izvedenim eksperimentima korišćena je domaća aluminijska legura za obradu na automatima D 58, kao i legura D4 sa magnezijem, silicijem i manganom, dok su varirani - po redosledu zapaženog uticaja na kvalitet površine iskazan parametrom srednje aritmetičke hrapavosti R_a - korak noža s , brzina rezanja v i grudni ugao γ . Autor se, međutim, ne zadovoljava sa postojećim načinima interpretiranja kvaliteta površina koji proističu iz razvijene elektronske instrumentacije, a na primeru dva profila (slika 3 iz rada) sa istom vrednošću $R_a = 0,57 \mu\text{m}$ pri obradi legure D58 pri $v = 200 \text{ m/min}$, $s = 0,08 \text{ mm/o}$, i sa razlikom u veličini grudnog ugla, $\gamma = 10^\circ$, odnosno 15° , pokazuje potrebu za opisivanjem topografije jednog profila i u smeru apscisne ose. Pošto je oblik stvarnog profila funkcija s jedne strane periodičnih pojava u procesu rezanja - kod obrade na strugu uzastopno identičnog položaja vrha noža u odnosu na obradjenu površinu posle svakog obrtaja radnog predmeta - , a sa druge strane raznovrsnih slučajnih uticaja, moguće je da se integralno opiše funkcijom srednjih vrednosti i korelacijskom funkcijom. Koristeći teoriju korelacija u primeni na tehničke površine razvijenu u citiranim radovima Prof. J. Peklenika ^{x)}, autor pokušava da uvede u analizu broj vrhova (prevojnih tačaka) profila, te po analogiji zaključuje da će profil s gušćim amplitudama imati manje korelacijske momente, te prema tome strmiju ko-

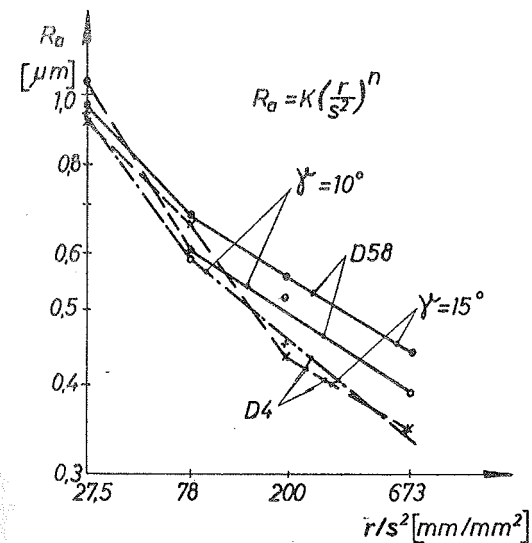
x) Napominje se da je ova teorija korišćena i na primeru dinamičke strukture alatne mašine i u nekim radovima u Institutu za alatne mašine i alate, a da su detaljnije osnove objašnjene u upravo izašloj Monografiji IAMA br. 1 [144]

relacijsku funkciju. Istovremeno pokazuje da broj vrhova omogućuje kvalitativnu ocenu korelacijske funkcije kvaliteta površina, uključujući na taj način u analizu i uzdužni karakter profila.

Referent oseća, međutim, potrebu da na osnovi nekih svojih ranijih radova (na primer, [142], [143]) prokomentariše registrovane profile na slici 3 autora: dok je za opit pri $\gamma = 15^\circ$ veoma jasno izražen i veoma ujednačen korak s , on je pri $\gamma = 10^\circ$ neujednačen, a na profilu se u mnogo većoj meri nego prethodno zapažaju nepravilnosti unutar jednog koraka. Prema našim iskustvima reč je o združenom dejstvu nepravilnosti na delu sečiva koji se reprodukuje na obradjenoj površini kao sistematske pojave, kombinovanom sa plastičnim tečenjem materijala u zoni rezanja, posebno režimom naslage na sečivu i dinamičkom nestabilnošću sistema kao slučajnih pojava, te bi bilo od interesa izdvojiti i definisati dalju periodičku komponentu, u cilju pouzdanijeg zaključivanja. Sem toga može biti od interesa ukazati na mogućnost da se hrapavost interpretira u zavisnosti od promenljive r/s^2 (r = poluprečnik vrha noža) posredstvom izraza $R_a = k(r/s^2)^n$, gde su k i n zavisni od niza uticajnih faktora [142]. Položaj prave

iskazane datom jednačinom u duplogaritamskim koordinatama, i posebno odstupanje od zakona prave ($k, n = \text{const.}$) pri većim vrednostima r/s^2 , kao i pojas rasturanja pojedinačnih rezultata su pritom uslovljeni slučajnim uticajima. U slici 3 su na ovaj način reprodukovani autorovi rezultati izneti u slikama 1 i 2 iz autorovog rada (za $v = 200 \text{ m/min.}$).

U zaključku valja istaći da identifikacija registrovanih profila na obradjenim površinama primenom teorije korelacije obogaćuje mogućnost karakterizacije površina i predikcije njihovih radnih performansi novim, ranije nepostojećim dimenzijama,



Sl. 3. Zavisnost hrapavosti R_a pri obradi Al-legura D58 i D4 od promenljive r/s^2 prema rezultatima iznetim na slikama 1 i 2 u referatu P. Leskova-ra [8].

ali da bi bilo korisno, oslanjajući se na postojeće znanje, jasnije

razlučiti slučajne od sistematskih faktora. Pritom nije pri obradi aluminijuma bilo zapaženo izrazito koncentrisano habanje na izlaznom delu sečiva koje na sistematski način utiče na varijaciju hrapavosti [143], te bi u produženom rezanju i habanje alata predstavljalo izrazit slučajan faktor.

3.6. - U grupi KRUTOST ALATA referiše se o jednom radu.

Kod obrtnih vretenastih alata, kao što su burgije, razvrtači, vretenasta glodala ili ureznici je od velikog značaja njihova otpornost na uvijanje i lom pri opterećenju statičkim ili dinamičkim (uključujući i udarni), te J. Stankov [11] saopštava osnovne rezultate iz izvedenog sistematskog ispitivanja statičke krutosti burgija domaće proizvodnje. Za ispitivanje ponašanja ovih alata pri statičkom i dinamičkom torzijskom opterećenju razvijena je podesna aparativna tehnika, dok su pored burgija uobičajenog preseka bili specijalno pripremljeni ovi alati sa pojačanim jezgrom, povećanim zaledjem, kao i sa izvesnim greškama u pogledu simetričnosti grana. Burgije su opterećivane, prema podacima iznetim na primer u slici 2 rada, u smeru zavojnog žljeba, kao i u suprotnom smeru (odgovara radu), i to do loma, pri čemu su u nekim slučajevima postizani uglovi uvijanja θ do 30° . Kao značajne direktive za konstrukciju i eksploataciju ovih alata može se istaći da za elastičnije burgije krutost manje varira u zavisnosti od povećanja momenta i broja ciklusa opterećenja, da je od najvećeg značaja prečnik zaledja, a od znatno manjeg jezgra, što je povoljno s obzirom na potrebno ograničenje aksijalnog otpora rezanja, dok je nepovoljna sa stanovišta uvijanja nesimetričnost grana.

3.7. - U grupi GLODANJE analiziraju se četiri rada.

Š. Šavar [6] prikazuje u svom radu eksperimentalnu zavisnost momenta, kao i horizontalne i vertikalne komponente sile rezanja pri suprotnosmernom glodanju probnih delova iz Č.4730 brzoreznim koturastim glodalima sa pravim zupcima, kao značajnih ulaznih veličina u obradni sistem, merodavnih za produktivnost, elastične deformacije, tačnost, dimenzionisanje elemenata mašine i pomoćnih pribora i za određivanje potrebne snage. Eksperimenti su izvedeni sa posebno konstruisanim momentometrom i dvikomponentnim dinamometrom sa mernim trakama, a od velikog broja mogućnih varijabli pri glodanju sve su u toku opita bile

konstantne sem brzine rezanja ^{x)}. Rezultati merenja prikazani su u dijagramima 4 do 6 koji prate rad, a izvedeni su parcijalni zaključci o uticaju brzine rezanja na momenat i komponentne sile (deluje u suprotnom smeru u odnosu na varijaciju) i brzine pomoćnog kretanja (deluje u istom smeru), o većem uticaju većeg koraka na promenu momenta i komponentnih sila, i o povećanju uticaja brzine pomoćnog kretanja pri manjim brzinama rezanja, a takodje i generalni zaključak da je uticaj brzine rezanja na momenat i sile veći nego pri obradi na strugu ili bušenju. Takodje su primenom postupka najmanjih kvadrata izračunate konstante u funkcijskim zavisnostima srednje vrednosti momenta, horizontalne i vertikalne sile, iskazanim u obliku $C_1 \cdot v^{a_1}$ (1 se odnosi na veličinu u pitanju).

Uz rad Š. Šavara referent, medjutim, ima odredjene primedbe. Zaključak o znatnom uticaju brzine rezanja na momente i sile u intervalu primenjenih brzina rezanja $v = 11 - 26$ m/min može da dovede do zabune, pošto je s obzirom na pritom konstantnu brzinu pomoćnog kretanja, korak po zupcu s_z , pa prema tome i presek strugotine promenljiv. Direktno poredjenje sa opitima na strugu, kod kojih je usled uobičajenog mehanizma pomoćnog kretanja presek strugotine konstantan pri variranju brzine rezanja, nije stoga moguće, dok gruba evaluacija rezultata prikazanih u dijagramima 4 - 6 u radu omogućuju da se utvrdi da je pri konstantnom s_z za svaku krivu varijacija srednjeg momenta i sila manja od 10%. Svakako, medjutim, stoji činjenica da pri konstantnoj brzini pomoćnog kretanja s' merenoj u mm/min i pri izmenjenoj veličini s_z sa brzinom rezanja v valja očekivati uočene varijacije, što, medjutim ne opravdava prvi parcijalni i opšti zaključak.

Drugi zaključak koji se odnosi na veći uticaj većeg u odnosu na manji korak na promenu srednjeg momenta i komponentnih sila stoji samo za algebarske razlike relevantnih podataka; sa odnosima tih veličina prema slikama 4 - 6 u radu, što je realnije, prema Tablici 1 se dolazi do upravo suprotnog zaključka.

Na treći parcijalni zaključak koji se odnosi na povećani uticaj brzine pomoćnog kretanja pri manjim brzinama rezanja može se dati slična primedba kao i na prethodni.

x) Bilo bi, medjutim, interesantno znati način održavanja konstantnih uslova sečiva s obzirom na uticaj habanja reznih elemenata na dinamiku glodanja, što autor ne pominje, kao i aparativnu tehniku za određivanje srednje vrednosti momenata i sila.

KORAK s'	M_{sr11} / M_{sr26}	F_{H11} / F_{H26}	F_{V11} / F_{H26}
$s'_1 = 12 \text{ mm/min}$	2,2	3,7	2,4
$s'_5 = 68 \text{ mm/min}$	1,9	1,8	2,1
Indeksi 11 i 26 odnose se na brzine rezanja $v=11$ i $v=26 \text{ m/min}$			

Odnosi momenata i komponentnih sila pri brzinama rezanja $v = 11$ i $v = 16 \text{ m/min}$ i koracima $s'_1 = 12 \text{ mm/min}$ i $s'_5 = 68 \text{ mm/min}$ prema dijagramima 4 - 4 u referatu Š. Šavara [6].

Sam toga je moguće uz određivanje koeficijenata regresije kao srednje aritmetičke vrednosti za pet brzina pomoćnog kretanja a_1 pomenuti da to nije nužno najpogodniji postupak, pošto je u stvari reč o eksponentima, uz potrebu da se u cilju minimiziranja na taj način izazvanih odstupanja izvrši i odgovarajuća korekcija koeficijenata C_1 (indeksi i se odnose na moment, odnosno komponentne otpore). Takođe nije sigurno da će vertikalni komponentni otpor F_v , prema slici 3 u radu, usvojen slično horizontalnom F_H kao sila kojom alat napada radni predmet biti usmeren naviše, već je on, uprkos nizu sličnih ilustracija u literaturi usmeren naniže, analogno na primer otporu prodiranja pri obradi na strugu.

Uvažavajući ranija zapažanja izneta u literaturi da položaj glodačkih glava sa umetnutim pločicama tvrdog metala u znatnoj meri utiče na habanje reznih elemenata i na postojanost, S. Zahar [13] izveštava o rezultatima sistematskih ispitivanja izvedenih pri glodanju šipki Č.1730 širine 52 mm glavama prečnika 100 mm sa pločicama vrste SV25 (SINTAL) pri varijaciji $k = 2 - 47 \text{ mm}$ ($k =$ rastojanje ivice radnog predmeta od najudaljenije tačke trajektorije zupca na strani njegovog izlaska), dok se varijacija trošenja reznih elemenata obično objašnjava mestom prvog kontakta zuba sa radnim predmetom u početku zahvata pri svakom obrtaju (pored ostalog, ovo pitanje je ranije dotakao i referent [145]) i povećanjem udela istosmernog u odnosu na suprotno-smerno glodanje pri smanjenju k , autor pokušava da objasni povišene postojanosti pri smanjenju k , i zato pruža eksperimentalnu evidenciju u svojoj slici 5. Karakter temperaturskih krivih za različite

veličine k , promena njihove relativne maksimalne vrednosti, a posebno relativne vrednosti pri izlazu sečiva iz zahvata opravdava pretpostavku autora o verovatnom znatnom uticaju toplotnog režima na proces habanja. Kombinujući to sa uticajem ulaza noža, kao i sa stabilnošću obradnog sistema pri porastu udela istosmernog glodanja, autor preporučuje da se pri glodanju čelika Č.1730 obrada vrši pri $k = 5 - 10$ mm, a pri nepodesnosti mašine za istosmerno glodanje pri $k \approx 40$ mm. Zapaženo smanjenje vremena glodanja do postizanja širine pojasa habanja $h = 0,6$ mm, pa prema tome i moći rezanja na polovinu pri prelasku od $k = 7$ na $k = 47$ mm ukazuje na važnost određivanja optimalnog položaja glodačke glave u odnosu na radni predmet koji po pravilu ne mora da je simetričan.

U odnosu na ostale rezne alate glodačke glave sa umetnutim zupcima tvrdog metala imaju u pogledu procesa habanja izvesne osobenosti koje R. Mitrović sistematično specificira u svom radu [14], bazirajući zapažanja na izvedenim opitima glodanjem konstrukcijskog čelika Č.1530, Č.1730 i Č.5421, kao i sivog liva SL.18 domaćim pločicama tvrdog metala mehanički vezanim i nepredviđenim za preoštravanje (throw-away-tips). Ispitane su tri zone habanja na ledjnoj površini (označene sa h_1 = habanje ispod glavnog sečiva, h_2 = habanje vrha i h_3 = koncentrisano habanje na izlaznom delu pomoćnog sečiva), kao i dubina kratera a i položaj sredine kratera b u odnosu na sečivo, a karakteristični tokovi ovih veličina za ispitane materijale prikazani su u radu na dijagramima 3. Zajedničko je svim korišćenim materijalima da je u eksperimentalnim uslovima habanje grudne površine sekundarno po uticaju na postojanost, dok je u najvećem broju opita, uključujući i liveno gvoždje, maksimalno po veličini koncentrisano habanje h_3 , u nekim slučajevima sliveno sa habanjem vrha h_2 , a u slučaju teže obradivog legiranog konstrukcijskog čelika Č.5421 prisutno je i koncentrisano habanje na delu ledjne površine ispod glavnog sečiva koji je u kontaktu sa ojačanom površinom radnog predmeta u prethodnom prolazu. Respektujući činjenicu da je reč o pločicama koje se ne preoštravaju, autor preporučuje takvu maksimalnu širinu pojasa habanja h_1 pri obradi čelika (orijentasijski $h_1 = 1,2$ mm) koja odgovara punom zatupljenju, a drugi parametri habanja pritom neće dovesti do naglog slabljenja sečiva. Važno je da s obzirom na iskorišćenje sečiva na drugoj strani pločice veličina maksimalnog parametra habanja (na primer h_3) ne predje veličinu polovine debljine pločice. Ovde bi se moglo postaviti principijelno pitanje da li je to stvarno nužno, pri čemu bi eks-

perimenti mogli pokazati da ovaj uslov ne mora biti neophodan. Za SL 18 autor preporučuje kao merodavan parametar h_3 i njegovu vrednost od 1,4 mm.

Mogućnost rezanja i postojanost glodačkih glava sa umetnutim noževima sa zalemljenim pločicama tvrdog metala vrste K10 pri obradi livenog gvoždja tvrdoće 150 HB predmet je saopštenja E. Kuljanića [18]. Kompletna serije opita su izvršene pri tri brzine rezanja (90, 140 i 178 m/min) i jednom koraku po zupcu, $s_z = 0,14$ mm/z, pri konstantnoj dubini rezanja $\delta = 3$ mm. Glodačka glava dvostruko većeg prečnika od širine glodanja je postavljena simetrično u odnosu na radni predmet^{x)} i uz obezbedu randomiziranog rasporeda pojedinih, merene su srednje vrednosti pojasa habanja VB na ledjnoj površini i unošene u dvostruko logaritamski dijagram VB-t, slika 4 u radu (uz ovaj se dijagram napominje tehnička greška koja je promakla: prava za $v = 90$ i $v = 178$ m/min treba da zamene mesta), što je omogućilo matematsku interpretaciju zavisnosti $VB = f(t)$ u vidu eksponencijalne funkcije. Interesantno je pritom da su praktično identični rezultati ostvareni u radu sa jednim i sa punim brojem zubaca (8), što je u znatnoj meri uprostilo tehniku rada. Autor je uočio određeni uticaj stepena pohanosti na ulaznu snagu u mašinu (pritom bi bilo korisno uzeti u obzir i određene sekundarne uticaje, kao što je režim električne mreže ili promena koeficijenta korisnosti sa prelaskom mašine u stacionarno toplotno stanje, o čemu saopštava M. Nedeljković na V Savetovanju [146]), a kao značajnu preporuku predlaže da se u podacima za ekonomsku brzinu rezanja uvek naznači i korišćeni kriterij zatupljenja, na primer $v_{60/0,5}$, gde se indeks 0,5 odnosi na granični pojas habanja na ledjnoj površini VB.

Uz pomenuto ograničenje u pogledu simetričnog rasporeda glodačke glave prema radnom predmetu, moguće je staviti određenu primedbu uz autorovu pretpostavku da je pri većim brzinama rezanja ($v = 178$ m/min) primaran uticaj difuzijskog habanja. Prema sistematskoj tipologiji lomova pločica tvrdog metala koju su predložili K. Okushima i T. Hoshi [147] moglo bi se, naime, zaključiti da je reč i o uticaju mikrolomova pri velikim brzinama rezanja. Pored toga, autor posebno podvlači potrebu ograničenja širine pojasa habanja za alate sa zalemljenim pločicama tvrdog metala s obzirom na uticaj preoštravanja na tehnokonor

^{x)} Rezultati ispitivanja koje iznosi S. Zahar na V Savetovanju [13] jasno pokazuju nedostatak ovog rasporeda, što može da ospori punu korist praktične primene iznetih podataka.

ske efekte; s tim u vezi, a zbog potrebe da se pri preoštravanju ot-klone svi tragovi habanja bilo bi svakako za preporuku da se kao kri-terij postojanosti moguće usvoji maksimalna a ne srednja širina poja-sa habanja VB . Ovo svakako ne važi za pločice koje se ne preoštra-vaju, što je respektovano u radu R. Mitrovića [14].

3.8. - U grupi TESTERISANJE razmatraju se dva rada.

Specifičan je problem utvrđivanja obradljivosti ručnim obradnim pos-tupcima, te je stoga od znatnog interesa uključenje ljudskog faktora u razmatranje dveju tipičnih ručnih operacija, testerisanje i turpisan-je, u radu E. Mareka i A. Bleiweis-a [17]. Iako postoje posebne spe-cifičnosti ovih operacija, zajednički faktori koji zahtevaju da budu uskladjeni u cilju optimalnog rada su maksimalna sila rezanja i sila prodiranja sa stanovišta radnika (uključujući i vreme dvostrukog hoda s obzirom na koncentraciju napora i relaksaciju u povratnom hodu) i sa stanovišta moguće (granične) dubine rezanja (prodiranja) pojedinog zupca, specifični otpor rezanja i prodiranja, odnos sile rezanja i prodiranja, raspored opterećenja na levu i desnu ruku, odnos sile u radnom i povratnom hodu i uticaj različitih materijala. U nedostatku podataka u literaturi trebalo je neke utvrditi eksperimentalno, a do nekih doći proračunom uz usvojene pretpostavke. Na iznetim primerima broja dvostrukih hodova pri testerisanju profila iz Č.0545 i drugim utvrđeno je zadovoljavajuće poklapanje proračunatih i eksperimental-no proverenih veličina, dok je interesantno da je leva ruka pri ruč-nom testerisanju u pogledu sile prodiranja opterećenija od desne (sli-ka 4 u originalnom radu).

Uvažavajući činjenicu da su relevantne informacije za proračun režima ručnih operacija malobrojne, rad o ručnom testerisanju i turpisanju predstavlja važan doprinos praksi ovih vrsta obrade, iako u iznetom obliku nisu kompletne.

U svom radu koji se odnosi na ispitivanje habanja zubaca lista mašin-ske testere pri odsecanju čelika Č.1730 i Č.0645 , kao i liva SL.26, V. Šolaja i O. Popović [19] pokazuju, kao što se to vidi na slici 4 iz rada, promenljivu veličinu parametra habanja duž dela lista koji je u radnom zahvatu i pokušavaju dati kvalitativno objašnjenje za o-vaj tok. Podaci za Taylor-ove krive postojanosti su samo uslovni, a dati su za različite kriterije habanja B, dok je zaključak u pogledu zapažene varijacije hrapavosti samo od principijelnog značaja, pošto se

na operaciju odsecanja normalno ne postavljaju neki posebni uslovi u pogledu na ostvareni kvalitet površine.

3.9. - Na kraju, u grupi ZAVRŠNA OBRADA čini se osvrt na dva rada.

Pošto je visok kvalitet radnih površina alata (niska hrapavost i odsustvo defekata pri oštrenju) jedan od važnih preduslova za njihovu najpovoljniju eksploataciju, završne metode, uključujući tu primenu dijamantskih tocila, anodnomehaničke obrade, superfiniša ili različitih vrsta glačanja, predstavljaju područje znatne pažnje istraživača. M. Jovičić [4] iznosi u svom radu kondenzovane informacije o rezultatima ispitivanja produktivnosti iskazane debljinom skinutog sloja i kvaliteta površina pri obradi glačanjem uzoraka od tvrdog metala vrste K05 i brzoreznog čelika Č.9782 dijamantskim, silicijumkarbidnim i elektrokorundnim pastama različite finoće. Pritom je bio korišćen specijalno razvijeni uređaj za mašinsko glačanje koji je obezbedjivao varijaciju radnih parametara (brzine glavnog i pomoćnog kretanja i normalnog pritiska) i ravnomernost dovoda abrazivne paste. Navodeći kao primer uporedne rezultate pri glačanju tvrdog metala K05 pastama SiC-240 i DP60, koje imaju približno istu finoću prema slici 6 iz rada autora, uočava se veća efektivnost u pogledu oba parametra dijamantske paste, pozitivan uticaj povećanja brzine glavnog, a negativan povećanja brzine pomoćnog kretanja. Pri glačanju brzoreznog čelika pokazala se kao povoljnija elektrokorundna od silicijumkarbidne paste. Objektivno interpretirani rezultati dobijeni na sistematičan način mogu da se koriste kao direktive pri uvodjenju završne obrade glačanjem u pripremu reznih alata za proizvodnju. Svakako da bi bilo interesantno sa alatima pripremljenim prikazanim postupkom izvršiti i odgovarajuće uporedne ogledne rezanjem u cilju utvrđivanja prednosti u odnosu na normalno oštrene alate; na potencijalnu prednost postupka glačanja u odnosu na brušenje ukazuju i informacije iz literature, na primer [148].

U toku razvoja pneumatske jedinice za superfiniš, M. Kaplarević je naišao na problem mogućnosti primene ove operacije namenjene prevashodno za najfiniju mehaničku obradu otvrdnutih mašinskih delova i na površine od nekaljenog i poboljšanog čelika, i u svom radu iznosi rezultate izvedenih ispitivanja [20]. Na prošlogodišnjem IV Savetovanju je isti autor pokazao [149] da je na kaljenom čeliku moguće ostvariti hrapavost $R_a = 0,012 \mu\text{m}$, što je za oko 30% bolje od najboljih rezultata reklamiranih od svetskih proizvođača uređaja za superfiniš, dok

su izvedena ispitivanja na nekaljenom čeliku pokazala da se mogu postići kvaliteti oko $R_a = 0,03 \mu\text{m}$. Slika 6 u radu autora pokazuje pritom da se u zavisnosti od radnog pritiska belegije p_b skraćuje vreme obrade t uz istovremeno pogoršanje hrapavosti, dok se bolji rezultati postižu sa jačim, tj. tvrdjim materijalom (ispitivanja su izvršena sa: A - čelikom Č.0345 zatezne čvrstoće 40 kp/mm^2 , B - Č.1730 poboljšanom na 80 kp/mm^2 i C - Č.4230 poboljšanom na 140 kp/mm^2). Autor daje i pouzdane preporuke u pogledu sredstva za ispiranje, kvaliteta belegija, specifičnog pritiska belegije i kinematskih parametara procesa obrade za obuhvaćena stanja čelika, što omogućuje korišćenje iznetih podataka u praktičnim proizvodnim uslovima.

4. Umesto zaključaka

Okviri naznačeni u uvodnom delu referata, dopunjeni u pogledu dobrih razloga za stimulisanje ovakvih skupova prakse i nauke jednim nedavnim napisom [150], letimičan pregled izabranih informacija u 1968/69 godini iz svetske literature i kritičan osvrt na domaće priloge znanju i praksi obrade rezanjem pripremljene za V Savetovanje omogućuje neke zaključne napomene. Pritom referent ne smatra podесnim predlaganje nekih definitivnijih zaključaka pre nego što se čuju sva nameraavana mišljenja velikog broja proizvodnih stručnjaka okupljenih na Savetovanju.

Nema sumnje da iznalaženje puteva za upoznavanje sa domaćim istraživačko-razvojnim rezultatima u obradi rezanjem, sa ciljevima njihove javne verifikacije i praktične eksploatacije, predstavlja jednu važnu polugu za približavanje nauke i tehnološke prakse. Valja kod toga istaći da prezentovani radovi nisu proistekli iz jednog detaljnijeg, unapred utvrdjenog tematskog programa, niti su - sem sistematskog ispitivanja obradljivosti - rezultat nekog opštejugoslovenskog naučnog koncepta u oblasti obrade rezanjem, ili jedinstveno usaglašenih i prihvaćenih programskih orijentacija istraživačkih organizacija u ili van okvira Zajednice jugoslovenskih naučnicistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva.

Medjutim, sa izuzećem možda nekoliko primera koji ukazuju na korisnost i nužnost bliže programske koordinacije i usaglašavanja stavova ^{x)}, mo-

x) Reč je, između ostalog i o formalnim pitanjima kao što je na primer neujednačenost terminologije i oznaka: na primer, širina pojasa habanja na ledjnoj površini reznog alata se u radovima različitih instituta obeležava sa h, b, B ili VB.

že se reći da se osam grupa pitanja u koje su razvrstani razmatrani radovi uklapa u istraživačke linije aktuelne danas i u svetu - naravno, ne identifikujući ih pritom i sadržinski. Svakako da neki pristupi zahtevaju strožije testiranje primenom već postojećih i šire prihvaćenih shvatanja, a neki zaključci kompletnije eksperimentalne provere i podesnije interpretacije.

Okupljajući oko pripremljenih saopštenja većinu danas aktivnih istraživača u SFRJ koji se u institutima i na fakultetima ozbiljno bave problematikom obrade rezanjem, valjalo bi poželeti na narednim savetovanjima znatno veće učešće razvojnih inženjera iz preduzeća - proizvođača reznih alata i razvojno-tehnoloških stručnjaka iz metalske industrije sa prikazima sopstvenih dostignuća i preokupacija u oblasti rezanja. Na taj način prikupljena iskustva, međusobno konfrontirana pri u našim uslovima maksimalno obezbeđenoj stručnonaučnoj kritici mogu, naime, u najvećoj meri doprineti ciljevima savetovanja proizvodnog mašinstva. Stoga je i svrha kritičkih napomena iznetih u uvodnom referatu da one utiču na formiranje što objektivnijih stavova u odnosu na utvrđene, naučno interpretirane i u pravcu bliže ili dalje primene usmerene informacije do kojih nužno dovode pojedini istraživački projekti u toku svog realizovanja.

Smatrajući u globalu materijale iznete posredstvom osamnaest radova na V Savetovanju pozitivnim prilogom unapredjenju jednog važnog aspekta procesa proizvodjenja u metalnoj industriji, valja takodje očekivati plodan doprinos kroz objektivnu, kritički obojenu i na postavljanje i rešavanje problema orijentisanu diskusiju, dok za budućnost treba poželeti više programskog usaglašavanja, organizovanijeg usmeravanja glavnih pravaca napora, šireg učešća sa konkretnim informacijama stručnjaka iz prakse i daljeg nastojanja na približavanju ostvarenih naučnih rezultata i novog znanja unapređujućoj primeni u jugoslovenskoj proizvodnji mašinskih delova operacijama rezanja.

5. Literatura

- [1] J. Peklenik, Z. Seljak, P. Leskovar, F. Röthel, B. Justin, Sodobna tehnika odrezivanja in njene razvojne smeri, Strojniški vestnik, 13 (1967) 65
- [2] V. Šolaja, Pregled istraživanja u oblasti reznih alata i rezanja u 1967 godini, Zbornik IV Savjetovanja proizvodnog mašinstva, Sarajevo (1968) 1.1

- [3] J. Stanić, Prilog teorijskom odredjivanju pravca sile trenja na grudnoj površini pri kosougolom rezanju višesečnim alatom, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 1.1
- [4] M. Jovičić, Ispitivanje procesa glačanja tvrdog metala i brzo-reznog čelika abrazivnim pastama, Zbornik V Sav. proizvod. maš. II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 2.1
- [5] S. Sekulić, Maksimalno dozvoljene vrednosti pojasa habanja u zavisnosti od brzine rezanja, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 3.1
- [6] Š. Šavar, Neki problemi mjerenja sila i momenata kod glodanja domaćih konstrukcionih čelika, Zbornik V Sav. proizvod. mašin. II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 4.1
- [7] B. Popović, Kinematika mašinskih ureznika, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 5.1
- [8] P. Leskovar, Kvaliteta površine pri obradi aluminijskih zlitina, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 6.1
- [9] B. Justin, Obdelovalnost proti obrabi odpornih jekiranih jeklenih litina, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 7.1
- [10] Z. Seljak, Kratkotrajni preskus obstojnosti hitroreznih jekel s prečnim struženjem, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 8.1
- [11] J. Stankov, Uporedno ispitivanje krutosti burgije, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 9.1
- [12] B. Ivković, Nova radioaktivna metoda za ispitivanje obradljivosti konstrukcijskih materijala i eksploatacijskih karakteristika višesečnih reznih alata, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 10.1
- [13] S. Zahar, Uticaj položaja ose čeonih glodala sa tvrdim metalom na srednju temperaturu sečiva, habanje sečiva i postojanost, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 11.1
- [14] R. Mitrović, Oblik habanja sečiva i izbor kriterijuma zatupljenja čeonih glodala sa tvrdim metalom, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 12.1
- [15] D. Dužević, Domaća iskustva u mjerenju veličine čestica i raspodjele čestica po veličini kod sirovine za alate sa tvrdim metalom, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 13.1
- [16] D. Vukelja, Kinematski odnosi u kočionom sloju strugotine pri obradi rezanjem, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 14.1

- [17] E. Marek, A. Bleiweis, Določanje obdelovalnega režima pri ročni obdelavi z žaganjem, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 15.1
- [18] E. Kuljanić, Neki parametri za eksploataciju glodaćih glava za glodanje sivog lijeva, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 16.1
- [19] V. Šolaja, O. Popović, Prilog ispitivanju lisnatih testera, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knjiga, Kragujevac (1969) OR. 17.1
- [20] M. Kaplarević, Obradljivost nekaljenog i poboljšanog čelika metodom superfiniš, Zbornik V Sav. proizvod. maš., II knj. Kragujevac (1969) OR. 18.1
- [21] R. Connolly, C. Rubenstein, The Mechanics of Continuous Chip Formation in Orthogonal Cutting, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 159
- [22] R. Piispanen, Chip Formation - Orthogonal Cutting, 18. Konf. CIRP (1968)
- [23] G. Carro-Cao, B. Bartalucci, Le modèle physique de la formation du copeau: déductions et applications au système machine-pièce-outil, 18. Konf. CIRP (1968)
- [24] G. Köhler, Analytische Betrachtung der Verformungsstrukturen in Fließspänen bei der Zerspanung metallischer Werkstoffe, 18. Konf. CIRP (1968)
- [25] G. Perotti, Research on the Relationship between the Chip Slenderness Ratio and the Shear Angle, 18. Konf. CIRP (1968)
- [26] J. Buda, T. Maliar, G. Gazarek, R. Švejnova, Študia deformacie obrabaneho kovu pri vrezani noža do materialu v podmienkach pravouhleho rezania, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 16
- [27] I. F. Primus, Spannungsverteilung in der Kontaktzonen von Drehwerkzeugen bei der Aluminium-, Hartblei- und Zink-Zerspanung, Ind. - Anzeiger, 91 (1968) 249
- [28] J. Šalek, Tvorbá trisky v neustálených podmínkach obrábání, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 91
- [29] J. Hrubec, Príspevok k poznatkom o plastických deformáciách pri vrtaní, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 50
- [30] H. Weber, Diskussion bekannter Schnittkraftgleichungen mittels eines einfachen plastizitätsmechanischen Modells, Wiss. Z.d. TH Karl-Marx-Stadt, 10 (1968) 45
- [31] B. K. Lambert, R. A. Dudek, S. L. Williams, Single Point Tool, Orthogonal Cutting Force Equations as a Function of Cutting Speed, Feed, Depth of Cut and Side-Rake Angle, The Int. J. Prod. Res., 6 (1968) 241
- [32] G. Dunay, Rezne síly pri vrtaní zliatin hliníka, Mat. z 5. Celoslov. technol. konf., Košice (1968) 155

- [33] I. Kažimir, Štúdia vel'kosti a priebehu reznych sil pri frezovaní čelnými stopkovými frezami, Mat. z 5. Celoslov. technol. konf., Košice (1968) 180
- [34] R. Mitrović, Uticaj režima obrade na efektivnu snagu pri glodanju valjkastim glodalima, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1175
- [35] A. K. Pal, F. Koenigsberger, Some Aspects of the Oblique Cutting Process, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 45
- [36] C. Rubenstein, The Mechanism of Orthogonal Cutting with Controlled Contact Tools, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 203
- [37] K. Uehara, Sh. Kumagai, Chip Formation, Surface Roughness and Cutting Force in Cryogenic Machining, 18. Konf. CIRP (1968)
- [38] B. R. Mac Manus, Dynamic Effects of Machining with Alternating Current, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 83
- [39] H. Fischer, Piezoelektrischer 3-Komponenten-Schnittkraftmesser für statische und dynamische Messungen, 18. Konf. CIRP (1968)
- [40] R. Graziosi, M. C. Jona, Two Component Drill Dynamometers, a New Approach to the Problem of Cross Sensitivity, 18. Konf. CIRP (1968)
- [41] R. Levi, Dynamometer Performance Evaluation, 18. Konf. CIRP (1968)
- [42] J. Crisp, J. R. Seidel, W. F. Stokey, Measurement of Forces during Cutting with a Single Abrasive Grain, The Int. J. Prod. Res., 7 (1968) 159
- [43] D. Vukelja, Prilog proučavanju toplotnog režima u uslovima predkidnog rezanja, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1153
- [44] S. Zahar, Temperatura rezanja pri glodanju valjkastim glodalima, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1165
- [45] H. Lowack, Temperaturen an Hartmetall Drehwerkzeugen bei der Stahlzerspannung, Ind.-Anzeiger, 90 (1968) 709
- [46] L. Gribovski, Suvislости medzi sposobom opracovanja a kvalitou povrhu, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 111
- [47] J. Strnava, J. Solanka, Niektore poznatky zo štúdia zvyškovych napati pri obrabani hlinikovyh zliatin, Mat. z 5. Celoslov. technol. konf., Košice (1968) 136
- [48] J. R. Vitenberg, Ocenka šerohovatosti poverhnosti s pomošću korrelacionnyh funkcij, Vestn. mašinostr., 49 (1969) br. 1, str. 55
- [49] A. Wirtz, Ein Beitrag zur Typologie der Oberfläche, 18. Konf. CIRP (1968)
- [50] J. Nara, Two-Dimensional Representation of Surface Roughness, 18. Konf. CIRP (1968)

- [51] W. Degner, Beitrag zur Untersuchung der Oberflächenbeschaffenheit des Werkstückes, Wiss. Z. d. TH Karl-Marx-Stadt, 10 (1968) 53
- [52] V. Palka, Akost'reznej hrany po ostreni nastrojov zo spekaneho karbidu diamantovymi kotučami, Stroj. výroba, 17 (1969) 186
- [53] J. Buda, J. Goč, I. Skimak, V. Čop, Akost'ostria nožov SK brusených elektrochemickým spôsobom, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 288
- [54] F. Betz, Untersuchung des Spanflächen-Freiflächen-Überganges an Spanwerkzeugen mit bestimmter Schneidform, 18. Konf. CIRP (1968)
- [55] V. Palka, Niektore výsledky skumania ostrenia a opotrebenia nastrojov metodami elektronnej mikroskopie, Mat. z 5. Celoslov. technol. konf., Košice (1968) 224
- [56] J. P. Basu, A. B. Chatterjee, A. Bhattacharyya, A Stochastic Model for Flank Wear Growth, 18. Konf. CIRP (1968)
- [57] W. K. Luk, R. F. Scrutton, The Origin of Groove Wear in the Turning Operation, The Int. J. Prod. Res., 6 (1968) 197
- [58] S. N. Filonenko, N. S. Molodcov, Fizičeskaja suščnost' iznosa rezcov pri točenii stali GIZh, Tehnolog. i organizac. proizvod., Kiev (1969) br. 1, str. 41
- [59] V. C. Venkatesh, V. Radhakrishnan, J. Chandramowli, Wear Propagation in Cutting Tools, 18. Konf. CIRP (1968)
- [60] J. Goč, Posudzovanie charakteru zanehoveho useku opotrebenia rezneho klina, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 236
- [61] J. N. Greenhow, C. Rubenstein, The Dependence of Cutting Force on Feed and Speed in Orthogonal Cutting with Worn Tools, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 9 (1969) 1
- [62] K. S. Tsao, A. B. Husein, S. M. Wu, Cutting Tool Crater Wear Measurement by the Lapping-Comparator Technique, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 15
- [63] V. Čop, Niektore poznatky zo štúdia rozmeroveho opotrebenia nastrojov, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 245
- [64] A. O. Schmidt, Influence on Lathe-Workpiece Rigidity upon Flank wear, ASTM Techn. Paper MR 68 - 103 (1968)
- [65] Ž. Marković, M. Bogdanović, Uticaj grudnog uglja na proces habanja sečiva čeonih glodala sa tvrdim metalom, Saopštenja IAMA, 9 (1969) 1259
- [66] V. A. Bobrovskij, J. A. Solov'ev, Metody sniženia elektrodifuzionnogo iznosa frez, Stanki i instr., 40 (1969) br. 2, str. 37

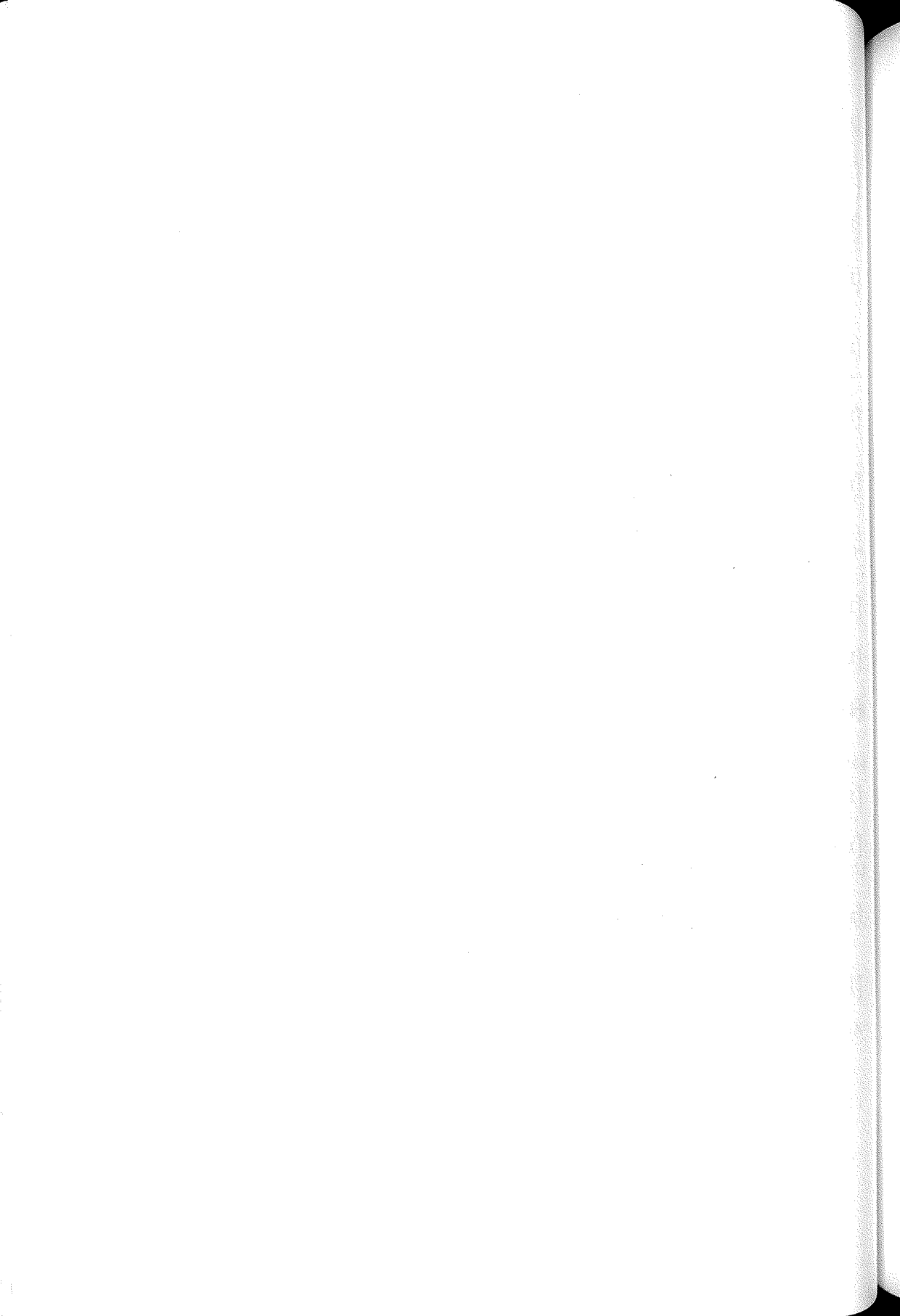
- [67] J. Ellis, G. Barrow, Tool Wear in Metal Cutting and Its Relationship with the Thermo-Electric Circuit, 18. Konf. CIRP (1968)
- [68] V. A. Bobrovskij, J. A. Solov'ev, Izmerenie soprotivlenija zony kontakta freza-detal' prohozdeniju termotoka, Vestn. mašinostr., 49 (1969) br. 2, str. 71
- [69] J. Koten, Určenie trvanlivosti rychloreznych vrtakov metoduou radioaktivnych izotopov, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 271
- [70] J. M. Galimberti, Reasons for Carbide Tool Failure, The Tool and Mfgr. Eng., 61 (1968) br. 5, str. 14
- [71] H. Takeyama, R. Murata, T. Yato, U. Kiyono, T. Tomita, Comparison of Machinability between Home Made and OECD Calcium-Deoxidized Steels, J. Mech. Lab., Tokyo, 22 (1968) 201 - na japanskom
- [72] K. Okushima, T. Hoshi, N. Narutaki, Study of Oxide-Layer Adhered on Tool Surface when Machining Ca-Deoxidized Steel, Bull. Jap. Soc. Prec. Engg., 2 (1968) 368
- [73] Kolektiv autora, Sistematsko ispitivanje obradljivosti pri obradi rezanjem domaćih konstrukcijskih materijal domaćim alatima, 4. etapni izveštaj, Elaborat 99/69, Institut za alatne mašine i alate, Beograd (1969)
- [74] H. Mütze, Die Zerspanbarkeit hochwarmfester Werkstoffe, Ind.-Anzeiger, 90 (1968) 705
- [75] P. P. Krjučkov, E. V. Kovalević, Obrabatyvaemost' aljuminievogo čuguna s plastinčatym i šarovidnym grafitom, Vestn. mašinostr., 49 (1969) br. 2, str. 69
- [76] R. Musilkova, Prispěvek k otázce obrobitelnosti tvarených slitin hliníku, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 69
- [77] F. W. Boulger, Note on the Machinability of Free-Cutting Aluminium Alloys, 18. Konf. CIRP (1968)
- [78] J. Baron, Prispěvek k študii obrobitelnosti bronzov, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 330
- [79] A. Podgornik, B. Breskvar, A. Križman, Žveplo in telur v bakrovih zlitinah z dobro električno prevodnostjo za obdelavo na avtomatskih strojih, Strojniški vestn., 15 (1969) 6
- [80] J. Dagnell, Machinability Ranking by a Constant Feed Force Method, 18. Konf. CIRP (1968)
- [81] P. Mathon, Mesure de l'usinabilité sur petite échantillon, 18. Konf. CIRP (1968)
- [82] Z. Prikril, Zkouška rezivosti nástroju z rychloreznych oceli, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 217

- [83] B. Popović, Postupak rangovanja pri izboru optimalne geometrije mašinskih ureznika, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1137
- [84] N. I. Pas'ko, O srednej stojkosti mnogoinstrumentnoj naladki, Vestn. mašinostr., 49 (1969) br. 2, str. 59
- [85] L. Sauer, Die äquivalente Drehzahl und Standzeit des Werkzeugs beim Drehen mit wechselnder Beanspruchung, Werkstattst., 59 (1969) 69
- [86] G. L. Ravignani, On the Economics of Chip Removing Operations, 18. Konf. CIRP (1968)
- [87] B. Golding, Machining Economics and Industrial Data Manuals, 18. Konf. CIRP (1968)
- [88] W. Pentland, Economic Machining Optimizes Profit, The Tool and Mfgr. Eng., 61 (1968) br. 4, str. 36
- [89] E. H. Frost-Smith, H. R. Marten, Machine Shop Production Optimization - A Target for Research, The Prod. Eng., 47 (1968) 525
- [90] H. E. Trucks, Planning for Profit, The Tool and Mfgr. Eng., 62 (1969) br. 1, str. 16
- [91] B. Ivković, Prilog proračunu optimalne potrošnje reznog alata u savremenim jugoslovenskim proizvodnim uslovima, Saopštenja IAMA, 9 (1969) 1249
- [92] D. Vukelja, V. Simonović, Prilog optimizaciji obrade rezanjem na strugu, Saopštenja IAMA, 9 (1969) 1273
- [93] B. Ivković, Projektovanje uslova eksploatacije alata pri obradi glodanjem, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1117
- [94] R. Venkataraman, Principles and Applications of Tool Simulation in the Metal Cutting Process, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 97
- [95] W. König, N. Diederich, Cutting Fluids Improve Tool-Life of Carbide Tools by Chemical Reactions, 18. Konf. CIRP (1968)
- [96] B. Porter, R. D. M. J. Summers, The Performance of Self-Optimizing Strategies in the Adaptive Control of the Metal-Cutting Process, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 217
- [97] A. de Filippi, R. Ipolito, Adaptive Control in Turning: Cutting Forces and Tool Wear Relationships for P10, P20, P30 Carbides, 18. Konf. CIRP (1968)
- [98] R. L. Kegg, Chatter Behaviour at Low Cutting Speeds, 18. Konf. CIRP (1968)
- [99] J. Stanić, Pregled nekih rezultata ostvarenih u IAMA u oblasti obrade bušenjem, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1105
- [100] Š. Švaral, Rezanje zavrtov nožami, Strojirenska výroba, 17 (1969) 258

- [101] G. Pahlitzsch, A. Willemeit, Einzahn- und Mehrzahnversuche beim Trennen von Stählen mit hartmetall- und schnellstahlbestückten Kreissägeblättern, 18. Konf. CIRP (1968)
- [102] O. Imanaka, S. Fujino, S. Mineta, Observation of Chip Removing Process in Grinding by a Micro-Flash Technique, 18. Konf. CIRP (1968)
- [103] T. Suto, Research on Working Surface of Grinding Wheel - A New Apparatus for Measurement of Cutting Edges, J. Mech. Lab., Tokyo, 22 (1968) 229 - na japanskom
- [104] G. Kassen, Simulation des Schleifprozesses, Ind.-Anzeiger, 91 (1969) 549
- [105] C. Rubenstein, F. K. Groszman, F. Koenigsberger, Force Measurements During Cutting Tests with Single Point Tools Simulating the Action of a Single Abrasive Grit, Proc. of the Internat. Ind. Diamond Conf., Oxford (1968) 161
- [106] G. K. Lal, Forces in Vertical Surface Grinding, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 33
- [107] T. Loladze, G. Bokučava, Iznos almaznyh zeren abrazivnogo instrumenta, Mat. z 5. Celoslov. technolog. konf., Košice (1968) 288
- [108] G. Pahlitzsch, R. Schmidt, Abrichten von Schleifscheiben mit diamantbestückten Rollen - Wesen und Wirkungen, 18. Konf. CIRP (1968)
- [109] R. S. Hahn, Survey of the Technical Factors in Grinding High Strength Heat Resistant Alloys, 18. Konf. CIRP (1968)
- [110] M. Jovičić, Kritički osvrt na trogodišnja istraživanja u IAMA na području oštrenja alata, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1123
- [111] V. A. Volsatov, A. P. Sviridov, Ul'trazvukovaja ustanovka dlja očistki šlifoval'nyh krugov, Stanki i instr. 40 (1969) br. 1, str. 23
- [112] H. Kaliszer, M. Limb, Application of Ultrasonic Technique in Grinding Process, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 189
- [113] D. A. Gall, Adaptive Control of the Abrasive Cutoff Operation, 18. Konf. CIRP (1968)
- [114] E. P. Kudisov, M. F. Fridman, Novye superfinišnye stanki, Stanki i instr., 40 (1969) br. 2, str. 24
- [115] G. I. Butorin, Superfinsiširovanie almaznymi bruskami, Stanki i instr., 40 (1969) br. 2, str. 28
- [116] F. G. Ruban, V. P. Grigor'ev, L. I. Berezovskij, Superfinsiširovanie capf šesteren gidronasosov almaznymi bruskami na keramičeskoj svjazke, Tehnolog. i organizac. proizvod., Kiev (1969) br. 2, str. 66

- [117] V. Šolaja, M. Kaplarević, Eine neue jugoslawische Konstruktion der pneumatischen Superfinish-Einheit, Saopštenja IAMA, 9 (1969) 1347
- [118] H. Bacher, Moderne Maschinenwerkzeuge und deren Einfluss auf den Fertigungsablauf bei der Holz- und Kunststoffbearbeitung, Tagung d. Arbeitskr. Holz, Montanwerke Walter (1968)
- [119] R. C. Skelton, Turning with an Oscillating Tool, Int. J. Mach. Tool Des. Res., 8 (1968) 239
- [120] H. Takeyama, U. Kasuya, Study of Ultrasonic Broaching, Bull. Japan Soc. Prec. Engg. 2 (1968) 337
- [121] H. Koch, Die Entwicklung hochleistungsfähiger Schnellarbeitsstähle für spanende Werkzeuge, Kundendienst-Informationen, VVB WVH, Leipzig (1968) br. 22, str. 10
- [122] - , Hartbeschichtete Wendeschneidplatten, Werkst. u. Betr., 102 (1969) 168
- [123] B. Popović, Odredjivanje vrednosti kinematičkih uglova kod ureznika, Saopštenja IAMA, 9 (1969) 1283
- [124] N. J. Campbell, Cemented Carbide Tool Geometry and Metal Cutting, ASTM Techn. Paper MR 68-501 (1968)
- [125] N. J. Campbell, Tool Design: Angles and Radii, ASTM Techn. Paper MR 68-902 (1968)
- [126] S. Wirfelt, Wendeschneidplatten und Spanbrecher, Werkst. u. Betr., 102 (1969) 213
- [127] - , Cutting Tools '68, the Push for Performance, Spec. Report, Metalworking, 24 (1968) br. 3, str. 51
- [128] K. Schmalz, Zeitgemässe Fräswerkzeuge und ihre wirtschaftliche Anwendung, Wt. u. Betr., 101 (1968)
- [129] R. J. Hammink, Turning and Milling with Rotating Cutters, 18. Konf. CIRP (1968)
- [130] A. R. Trim, G. Boothroyd, Action of the Obstruction Type Chip Former, The Int. J. Prod. Res., 6 (1968) 227
- [131] E. Süchting, Kostensenkung beim Voreinstellen, Werkst. u. Betr., 102 (1969) 191
- [132] W. G. Sachs, Werkzeug-Einstellgeräte, Werkstattst., 59 (1969) 14
- [133] G. M. Ryvkin, Instrumental'naja osnastka, povyšajuščaja effektivnost' avtomatizacii, Stanki i instr., 40 (1969) br. 3, str. 40
- [134] N. I. Pas'ko, O srednej stojkosti mnogoinstrumentnoj naladki, Vestn. mašinostr., 49 (1969) br. 2, str. 59
- [135] V. Šolaja, Keramički alati, Tehnika, 12 (1957) 1087

- [136] G. V. Stabler, The Fundamental Geometry of Cutting Tools, Proc. I. Mech. E., 165 (1951) W.E.P. No 63, p. 14
- [137] E. M. Trent, The Relationship between Machinability and Tool Wear, Proc. of the Conf. on Machinability, London (1965) 179
- [138] V. Šolaja, Ispitivanje postojanosti alata metodom poprečne obrade na strugu, Mašinstvo i elektrotehnika, 5 (1956) 125
- [139] E. Kuljanić, Utjecaj početne brzine kod kratkotrajnog ispitivanja postojanosti tokarskih noževa iz brzoreznog čelika, Strojnički vestn., 13 (1967) 92
- [140] W. Wolf, H. J. Jacobs, Bestimmung der effektiven Standzeit beim Drehen mit variabler Schnittgeschwindigkeit, Fertigungst. u. Betr., 17 (1967) 542
- [141] V. Milačić, V. Šolaja, Ekspresna metoda za određivanje postojanosti strugarskih noževa sa pločicama od tvrdog metala, Saopštenja IAMA, 1 (1966) 65
- [142] V. Šolaja, Ispitivanje završne obrade nekih čelika na strugu, Zbornik Mašinskog fakulteta, Beograd (1954/55) 136
- [143] V. Šolaja, Prilog proučavanju problema pri završnoj obradi na strugu, Zbornik Maš. inst. SAN, Beograd, 54 (1957) br. 7, str. 185
- [144] V. R. Milačić, Dinamika mašinskih sistema na primeru alatne mašine, Monografije IAMA, 1 (1969)
- [145] V. Šolaja, Neka pitanja geometrije reznog alata i kinematike rezanja, Strojstvo, 1 (1959) 193
- [146] M. Nedeljković, Rezultati eksperimentalnih ispitivanja s osnovom na dopunski kriterijum za izbor mazivog fluida stupnjevitih prenosnika alatnih mašina, Zbornik V Sav. proiz.maš., I knjiga, Kragujevac (1969) AM. 11.1
- [147] K. Okushima, T. Hoshi, Tool Fracture in Face-Milling Operation, Ann. CIRP, 15 (1967) 309
- [148] G. Montag, F. Lierath, Verschleiss- und Standzeitverhalten unterschiedlich geschliffener Hartmetallwerkzeuge, Fertigungst. u. Betr., 17 (1967) 534
- [149] M. Kaplarević, Neki rezultati ispitivanja prototipa pneumatske agregatne jedinice za superfiniš POU-60, Zbornik IV Savet. proizv. maš., Sarajevo (1968) 20.1
- [150] V. Šolaja, V Savetovanje proizvodnog mašinstva - smotra domaćeg I. R. napora u specifičnom sektoru, Saopštenja IAMA, 9 (1969) 1221



Z. Šavić x)

OSNOVNE TENDENCIJE ISTRAŽIVANJA U OBLASTI ZUPČANIKA xx)

Istraživanja u oblasti zupčanika u Institutu za alatne mašine i alate u okviru saradnje sa Mašinskim fakultetom u Beogradu usmerena su prvenstveno na teorijsko i eksperimentalno utvrđivanje osnovnih karakteristika zupčanika neophodnih za konstrukciju i eksploataciju.

U ovom smislu na prvo mesto je stavljeno istraživanje dinamičke čvrstoće bokova i podnožja zubaca sa težištem na utvrđivanju uticajnih činilaca koji proističu iz uslova rada zupčastih parova u sklopu neke mašine.

Činjenica da je promenljivost opterećenja prisutna skoro kod svakog zupčastog prenosnika i da se raspoloživi podaci o dinamičkoj čvrstoći baziraju isključivo na trajna nepromenljiva opterećenja imala je za posledicu da se formira tendencija ka fundamentalnim ispitivanjima uticaja promenljivosti amplitude opterećenja na dinamičku čvrstoću. Zatim, nedovoljno utvrđen uticaj veličine modula na dinamičku izdržljivost doprineo je stavljanju u plan ispitivanja u ovom pravcu.

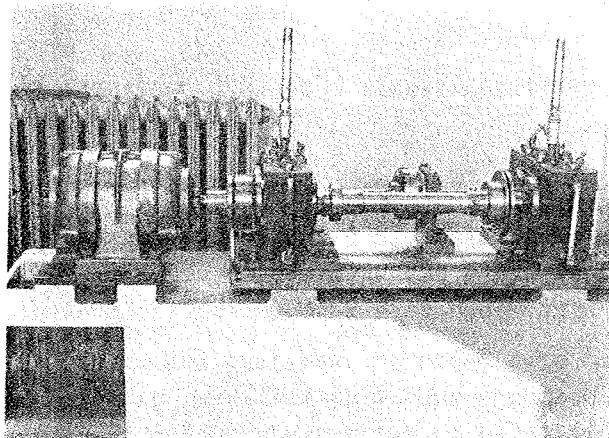
Usled ključnog uticaja odstupanja geometrije oblika i položaja zupčanika i njegovog sklopa na dinamičku čvrstoću pristupljeno je ispitivanju zupčanika u sklopu prenosnika, ograničavajući se u prvoj fazi na utvrđivanje uticaja odstupanja pravca bočnih linija na dinamičku čvrstoću bokova zubaca.

S obzirom da ispitivanja dinamičke čvrstoće imaju pretežno eksperimentalan karakter, da su brojna i dugotrajna, u prvoj fazi rada težište napora stavljeno je na stvaranje potrebne materijalne osnove - na stvaranje odgovarajućih uređaja. U tu svrhu izradjen je uređaj za

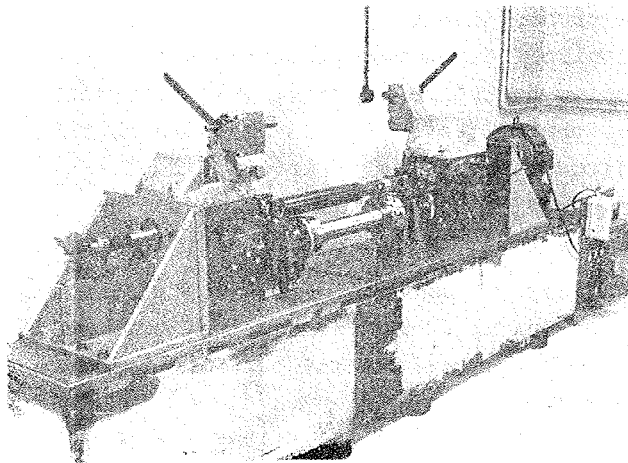
x) Zoran Šavić, dipl.ing., vanr. profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu, saradnik Instituta za alatne mašine i alate

xx) Koreferat na V Savetovanju proizvodnog mašinstva održanom 15. i 16. maja 1969. godine u Kragujevcu

fundamentalno ispitivanje dinamičke čvrstoće sa osnim rastojanjem od 91,5 mm, UZ-I, (slika 1), baziran na zatvorenom kolu opterećenja. U toku je izrada u istom cilju novog uređaja sa osnim rastojanjem od 120 - 130 mm (UZ-II).



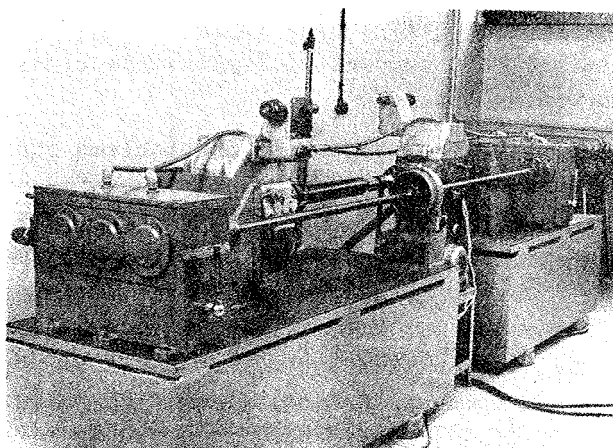
Slika 1.



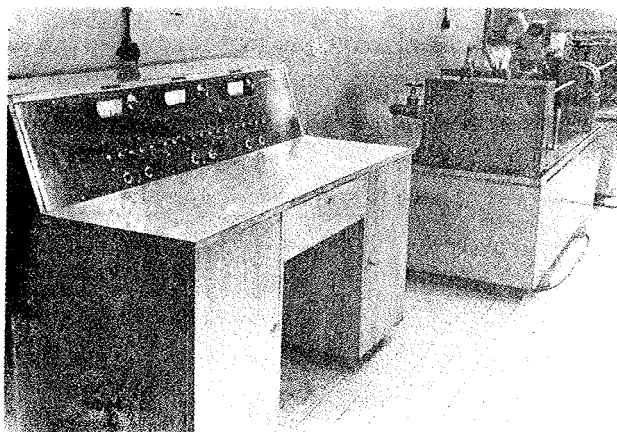
Slika 2.

U okviru ispitivanja zupčanika u sklopu prenosnika napravljen je uređaj sa unutrašnjim zatvorenim kolom opterećenja UZ-III, slika 2, izvršen je niz ispitivanja i rezultati saopšteni i objavljeni [1]. Razvijajući dalje materijalnu bazu za ova ispitivanja načinjen je uređaj sa spoljašnjim kolom opterećenja, UZ-IV-A, (slika 3), koji omogućuje potpuno podražavanje uslova rada prenosnika u eksploataciji. Uređaj je predviđen za velike ulazne obrtne momente sve do 80 kpm i

može se koristiti i za druga ispitivanja. S obzirom na planirani dalji razvoj eksperimentalnih istraživanja načinjen je komandni sto za simultani rad i kontrolu tri uređaja (slika 4). Komandni sto obezbeđuje automatsku kontrolu niza faktora, temperature ulja, pritiska ulja, promene obrtnog momenta i dr.



Slika 3.



Slika 4.

U okviru tendencije da se utvrde uticaji svih radnih uslova pristupljeno je ispitivanju deformacije zupčanika pri termičkoj obradi. Kako je primena termički obradjenih zupčanika, prvenstveno cementiranih i sl., stalno u porastu i po broju daleko prevazilazi termički neobrađjene zupčanike, i kako je tendencija da se posle cementiranja zupčanicima više ne obrađuju, deformacije u toku termičke obrade imaju bi-

tan uticaj ne samo na dinamičku čvrstoću već i na kinematiku zupčastih parova. Usled ovog u sklopu šireg istraživanja već su učinjena pristupna ispitivanja. Dalja realizacija se predviđa u saradnji sa nekim od proizvođača ovih zupčanika.

Radi ocene uticaja odstupanja geometrijskih mera od teorijskih na unutrašnje dinamičke sile predviđaju se ispitivanja spoljnjeg efekta ovih sila, zvuka pri radu zupčanika. Ispitivanja opšte zvučnosti sklopa prenosnika već su vršena.

Pored navedenih ispitivanja radjeno je na problemu stabilnosti položaja aksijalno pokretljivih zupčanika kod prenosnika sa promenljivim brojevima obrtaja. Rezultati analize problema i eksperimentalnih ispitivanja dati su u radu [2].

Literatura

- [1] Z. Savić, O nekim karakteristikama dinamičke čvrstoće zupčanika ispitivanih u sklopu prenosnika, Saopštenja IAMA, 4 (1967)
- [2] Z. Savić, Stabilnost aksijalno pokretljivih zupčanika, Zbornik saopštenja V Savetovanja proizvodnog mašinstva, Kragujevac, knj. III (1969)

Z. Savić x)

STABILNOST AKSIJALNO POKRETLJIVIH ZUPČANIKA xx)

1. Uvod

Problem stabilnosti položaja zupčanika javlja se kod prenosnika sa promenljivim prenosnim odnosima u slučajevima kada se uključivanje pojedinih stepena prenosa ostvaruje aksijalnim pomeranjem zupčanika. U toku rada, naročito pri gornjim graničnim opterećenjima, dolazi do aksijalnog samopovlačenja slobodno pokretljivog zupčanika i do isključenja sprege. Iako se problem samopomeranja zupčanika pojavio sa prvim prenosnicima sa pomerljivim zupčanicima, tendencije pri njegovom rešavanju do sada nisu bile usmerene ka teorijskim analizama uzroka, već prvenstveno ka praktičnim merama da se samoisključenje spreči. Cilj ovog rada je da se proanaliziraju uzroci ovoj pojavi i da se ukaže na ispitivanja vršena u cilju ocene intenziteta pojedinih uticaja i rešenja problema samoisključenja.

2. O osnovnom uzroku nestabilnosti zupčanika

Pri sprezanju aksijalno pokretljivih cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima ne postoji nikakva aksijalna sila koja bi težila isključenju sprege, ako su zupčanici i njihovi sklopovi, uključujući i kućicu, geometrijski apsolutno tačno izrađeni, potpuno kruti i ako ne postoje nikakvi zazori u pokretnim spojevima. Međutim, usled odstupanja stvarnog oblika i položaja zupčanika, vratila, ležišta i oslonaca od njihovih teorijskih oblika i položaja, usled zazora u žljebnim spojevima i ležištima i usled deformacija svih elemenata u sklopu, dodirna linija spregnutih bokova zubaca stoji pod izvesnim uglom u odnosu na

x) Zoran Savić, dipl.ing., vanr. profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu, saradnik Instituta za alatne mašine i alate

xx) Koreferat na V Savetovanju proizvodnog mašinstva održanom 15. i 16. maja 1969. godine u Kragujevcu

osu obrtanja aksijalno pokretljivog zupčanika i ima za posledicu pojavu aksijalne sile koja teži da pomeri slobodan zupčanik u pravcu njegove ose. Kako je pojava ove komponentne sile posledica kosog položaja dodirne linije koji je prouzrokovan odstupanjima pravca bočnih linija, potrebno je prvo razmotriti sve bitne uticaje na oblik i na položaj bočne linije spregnutih zupčanika.

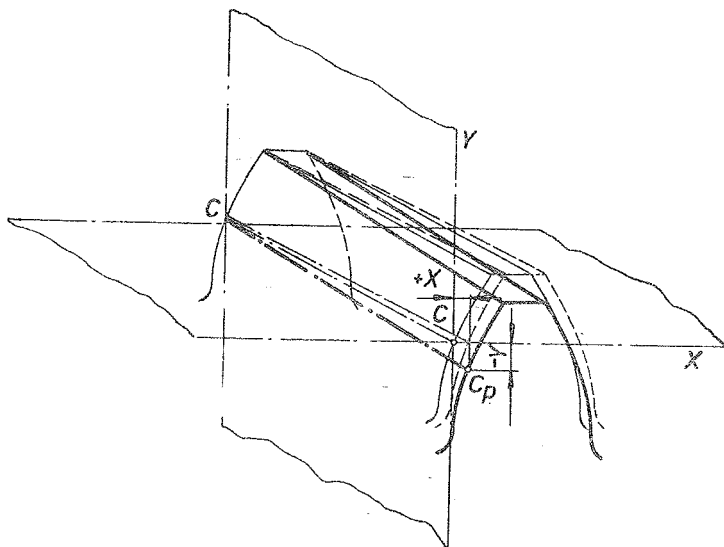
3. Analiza odstupanja oblika i pravca bočnih linija cilindričnih zupčanika

Kod cilindričnih zupčanika bočna linija se može definisati kao geometrijsko mesto tačaka evolventnog profila sa istim napadnim uglom odnosno kao presečna linija boka zupca i podeonog, srednjeg ili nekog drugog cilindra odnosno konusa odredjenim istim napadnim uglom evolvente. Ovakva definicija omogućuje jednostavno odredjivanje odstupanja bočnih linija i rad sa njima. Sa bočnim linijama definisanim kao presečne linije boka zupca i kinematske površine vrlo je složeno pri odstupanjima definisati oblik i položaj zubaca. Na primer, u slučaju kada pravci osa obrtanja zupčanika odstupaju od svog teorijskog položaja i kada se mimoilaze, kinematske površine su hiperboloidi i presečne linije sa bokovima su krive iako zupci imaju tačne bokove. Slično je i u slučaju kada se osa obrtanja i osa venca sa tačnim zupcima ne poklapaju: oblik i pravac presečnih linija su promenljivi duž obima venca (sl. 2).

U slučaju apsolutno tačnog oblika i položaja cilindričnog zupčanika sa pravim zupcima bočna linija je paralelna sa njegovom osom obrtanja. Pri odstupanju oblika ili položaja zupca profili duž boka su pomereni u odnosu na svoj teorijski položaj u pravcu radijusa odnosno u pravcu upravnom na njega - u pravcu obima. Prema ovome radijalno odstupanje predstavlja rastojanje stvarnog profila od teorijskog u pravcu radijusa, a tangentno ili obimno u pravcu obima. Usvajajući koordinatni sistem u kome se pravac Z-ose poklapa sa osom obrtanja (na slici 1 pravac C-C), komponentna odstupanja bočnih linija mogu se predstaviti koordinatama X i Y, radijalna ordinatom Y, a tangentna apscisom X.

Odstupanje oblika bočne linije odredjeno je komponentnim odstupanjima duž Z-ose i njihovim promenama, a odstupanje pravca nagibom tangenti na bočnoj liniji. Ukoliko su promene radijalnih i tangentnih odstu-

panja duž boka zupca linearne, odstupanje bočne linije se svodi samo na odstupanje pravca i definiše se veličinom komponentnih odstupanja žeonih profila (na slici 1 X i Y).



Sl. 1

Odstupanje bočne linije može biti posledica netačnog oblika zupaca, netačnog položaja zupčanika na vratilu i netačnog položaja osa vratila, pri čemu prvi uzrok može da ima za posledicu odstupanje oblika i pravca bočne linije, a druga dva samo odstupanje pravca bočne linije.

Pri razmatranju pojedinih uzroka odstupanje se definiše kao razlika stvarnog oblika ili položaja od teorijskog stanja, kada uzrok promeni oblika ili položaja ne bi postojao.

3.1. O odstupanjima usled netačnog oblika zupaca

Odstupanja oblika zupaca se manifestuju prvenstveno kao odstupanja nagiba bočne linije koji može imati isti ili različiti smer na oba boka zupca. U ovom drugom slučaju zubac ima koničan oblik i promenljivu visinu. Oba odstupanja nastaju pri rezanju zupaca i imaju tangentni karakter, samo obimnu komponentu x_p (malim slovima se označavaju pojedinačna odstupanja) i predstavljaju prvenstveno odstupanje pravca.

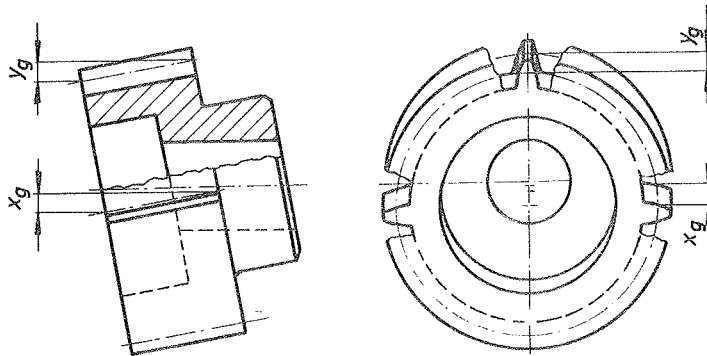
Pri termičkoj obradi može doći do krivljenja zupaca u oba pravca (x_d , y_d) koje se može odraziti ne samo kao odstupanje pravca, već kao i odstupanje oblika bočne linije. Ova odstupanja imaju vrlo veliki značaj

ako se zupci posle termičke obrade naknadno ne obradjuju.

U ovu grupu spadaju odstupanja oblika bočne linije usled deformacije tela zupčanika, prvenstveno usled uvijanja, koje dolazi do izražaja ako je zupčanik izradjen izjedna sa vratilom ili ako je venac zupčanika male debljine, a spaja se sa glavčinom sa česne strane. Bočna linija ima oblik zavojnice, te su odstupanja samo u tangentnom pravcu $-x_u$.

3.2. O posledicama netačnog položaja zupčanika na vratilu

Netačan položaj zupčanika na vratilu može imati više uzroka. Nepoklapanje ose otvora u glavčini sa osom venca zupčanika nastalo, na primer, pri naknadnoj obradi otvora u glavčini, daje različita odstupanja pravca bočnih linija po obimu zupca. Ako se ose venca i glavčine seku, na zupčaniku ima zubaca samo sa radijalnim (y_g), samo sa tangentnim (x_g) i sa oba odstupanja (y_g, x_g), (slika 2), dok ako se ose venca i glavčine mimoilaze odstupanja bočnih linija na svim zupcima su u oba pravca. Usled ovakvog karaktera odstupanja pri radu se neprekidno sprežu zupci sa različitim pravcima bočne linije.



Sl. 2

Iste posledice imaju odstupanja pravca i nagiba žljebova u glavčini ili u vratilu za vezu vratila i zupčanika pomoću žljebnog spoja ili pomoću klina. Odstupanja su i u ovom slučaju promenljiva po obimu zupčanika (x_z, y_z), te pri obrtanju naizmenično dolaze u dodir zupci sa različitim odstupanjima bočnih linija. Ova odstupanja dolaze više do izražaja kod žljebnog spoja, s obzirom na veći broj žljebova i s obzirom da su kod klinova moguće veće plastične deformacije.

Deformacije u žljebnom spoju koje potiču od uvijanja vratila, savija-

nja i smicanja zubaca i od površinskog pritiska na dodiru zubaca vratila i glavčine mogu takodje doprineti kosom položaju zupčanika i odstupanju pravca bočne linije (x_{zd}, y_{zd}) . S obzirom da je pritisak i kod tačno izradjenih zubaca nejednako raspoređen duž dodirne površine zbog uvijanja vratila, to ove deformacije mogu doći do izražaja.

Kod koničnog oblika otvora, koji najčešće nastaje pri obradi rezanjem ili pri termičkoj obradi (na primer i pri provlačenju nejednake debljine glavčina mogu da prouzrokuju nejednake deformacije i koničan oblik otvora), pod delovanjem normalne sile zupčanik zauzima kos položaj, ali za razliku od prethodnih slučajeva u ovoj grupi odstupanja pravca bočnih linija spregnutih zubaca su uvek ista, jer u odnosu na mesto sprezanja položaj zupčanika je stalan. Odstupanja su i ovde u dva pravca, u radijalnom i u obimnom (x_{gk}, y_{gk}) .

Pored navedenih uzroka kos položaj pokretljivog zupčanika može biti i posledica radijalnog zazora između glavčine i vratila i bočnog zazora između žljebova i zubaca. Ako je venac zupčanika nesimetričan u odnosu na glavčinu (kao na slici 2), sila na zupcu deluje na određenom kraku od sredine glavčine te izaziva spreg i zakošenje zupčanika. Sila na zupcu može delovati koncentrisano na jednom kraju boka i usled drugih odstupanja, te zakošenja zupčanika može nastati i pri simetričnom položaju venca prema glavčini. Obimna i radijalna komponenta sile izazivaju obimno i radijalno odstupanje pravca bočnih linija: x_{z2}, y_{z2} (pretpostavka je da zazor postoji samo kod pokretljivog zupčanika 2, ali može biti i kod zupčanika 1).

3.3. Uticaj netačnog položaja osa vratila na odstupanje pravca bočne linije

U ovoj grupi najznačajniji uticaj na položaj zupčanika i na odstupanje pravca bočne linije mogu imati deformacije vratila. Njihov uticaj zavisi od oblika elastične linije i od položaja zupčanika na vratilu. Kako je elastična linija prostorna kriva, to odstupanje pravca bočne linije može biti tangentno (x_v) i radijalno (y_v) .

Deformacije ležišta na pojedinim osloncima mogu biti i po pravcu i po veličini različite usled čega dolazi do odstupanja pravca vratila i zupčanika na njemu, što ima za posledicu odstupanje pravca bočne linije (x_ℓ, y_ℓ) . Uticaj zazora u ležištima ima isti karakter kao i deformacije.

Netačnost položaja izradjenih otvora za ležišta vratila mogu da imaju za posledicu vrlo značajna odstupanja pravca bočnih linija, naročito ako se oslonci ne nalaze neposredno u kućici. (Na primer, kod prenosičnika na vozilima jedan oslonac izlaznog vratila se često nalazi u ulaznom vratilu koje ima jedan oslonac u kućici, a drugu zamajcu. Pri montiranju menjača može doći do odstupanja pravca ulaznog vratila što može da znatno pogorša uslove rada zupčanika i ležišta.) S obzirom da se tačnost otvora jednog vratila definiše u odnosu na drugo vratilo i s obzirom da je pomerljiv zupčanik glavni predmet ovih razmatranja, to je kao osnovna uzeta osa ovog zupčanika. Odstupanja pravca ose spregnutog zupčanika l može biti u prostoru i definiše se inklinacijom i devijacijom, to i odstupanje pravca bočne linije može biti u tangentnom i radijalnom pravcu (x_{0l}, y_{0l}) .

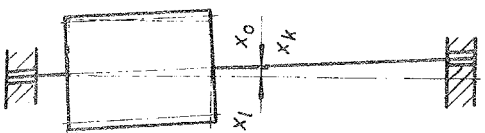
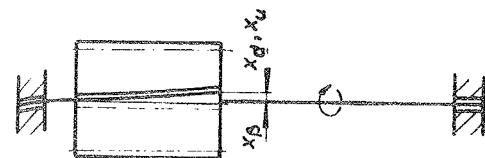
Položaj oslonaca pri opterećenju usled deformacija kućice se menja, te se i pravac osa oba vratila menja. Deformacije kućice dolaze do izražaja kod nedovoljno krutih i nepovoljno oslonjenih kućica (na primer kod menjača) i odražavaju se na odstupanje pravca bočnih linija zupčanika u oba pravca (x_k, y_k) .

3.4. O zbirnom odstupanju

Ukupno odstupanje bočne linije predstavlja zbir navedenih pojedinačnih odstupanja svakog profila duž boka zupca, čime je definisan oblik i položaj bočne linije. U prethodnoj analizi se uočava da najveći broj uzročnika ima za posledicu promenu položaja bočne linije, a ne oblika. Međutim kako i kod deformisanih zubaca oblik bočne linije je blizak pravoj liniji, to se odstupanja oblika bočne linije može svesti na odstupanje pravca. Prema tome ukupno komponentno odstupanje pravca bočne linije predstavlja algebarski zbir pojedinih odstupanja čeonih profila u svakoj koordinatnoj ravni (slika 3) u odnosu na pravac idealne ose zupčanika 2 povučene kroz središta otvora oslonca:

$$\begin{aligned} X_{i1} &= \sum x_1 & X_{i2} &= \sum x_2 \\ Y_{i1} &= \sum y_1 & Y_{i2} &= \sum y_2 \end{aligned}$$

Kako je cilj ove analize da se odredi položaj dodirne linije u odnosu na osu pokretljivog zupčanika i da se na taj način odredi aksijalna komponenta normalne sile, to je potrebno da se definišu odstupanja u



Sl. 3

odnosu na ovu osu, koja je određena položajem središnjih tačaka vratila u presecima dobijenim ravnima kroz čone površine zubaca.

Ukupna odstupanja pravca bočne linije u odnosu na pravac ose vratila 2 na osnovu odnosa na slici 4 iznose

$$X_1 = X_{i1} - x_{v2} \quad X_2 = X_{i2} - x_{v2}$$

$$Y_1 = Y_{i1} - y_{v2} \quad Y_2 = Y_{i2} - y_{v2}$$

gde su x_{v2} i y_{v2} odstupanja ose obrtanja zupčanika 2 od idealne ose ovog zupčanika.

Uvodjenjem pojedinačnih odstupanja za zupčanik 1 i 2 u gornje jednačine dobija se ukupno odstupanje pravca bočnih linija u odnosu na pravac ose obrtanja vratila 2

$$X_1 = x_{\beta 1} + x_{d1} + x_{u1} + x_{g1} + x_{z1} + x_{zd1} + x_{gk1} + x_{v1} + x_{l1} + x_{o1} + x_{k1} - x_{v2}$$

$$Y_1 = y_{d1} + y_{g1} + y_{z1} + y_{zd1} + y_{gk1} + y_{v1} + y_{l1} + y_{o1} + y_{k1} - y_{v2}$$

$$X_2 = x_{\beta 2} + x_{d2} + x_{u2} + x_{g2} + x_{z2} + x_{zd2} + x_{z2} + x_{l2} + x_{gk2} + x_{k2}$$

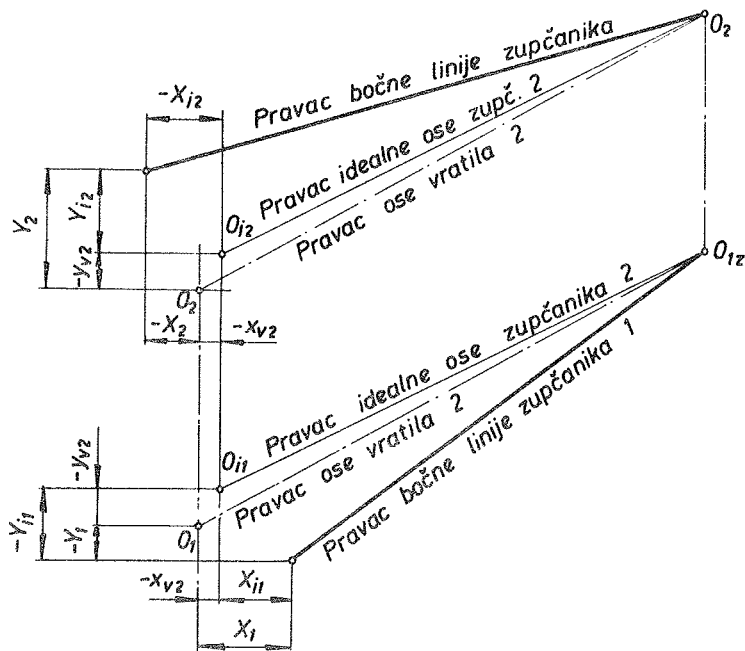
$$Y_2 = y_{d2} + y_{g2} + y_{z2} + y_{zd2} + y_{gk2} + y_{z2} + y_{l2} + y_{k2}$$

Pojedinačna komponentna odstupanja u ovim jednačinama odnose se prema osi zupčanika kada uzrok odstupanja ne bi postojao i kao što je navedeno označena su sledećim simbolima:

x_{β} - odstupanje usled netačnosti nagiba bočne linije

x_d, y_d - usled deformacija zubaca pri termičkoj obradi

x_u - usled uvijanja tela i venca zupčanika



Sl. 4

- x_g, y_g - usled kosog položaja glavčine u odnosu na venec
- x_z, y_z - usled netačnog pravca žljebova
- x_{zd}, y_{zd} - usled deformacija zubaca u žljebnom spoju
- x_{gk}, y_{gk} - usled koničnog oblika glavčine
- x_z, y_z - usled zazora između glavčine i vratila
- x_v, y_v - usled deformacije vratila
- x_l, y_l - usled deformacija i zazora u ležištima
- x_o, y_o - usled odstupanja osa otvora oslonaca vratila
- x_k, y_k - usled deformacija kućice.

Izložene jednačine odstupanja ukazuju na složenost određivanja položaja bokova spregnutih zupčanika. Ona je posledica ne samo velikog broja uticajnih komponentata već i njihove promenljivosti u toku rada koja može da zavisi od trenutnog položaja zupčanika ili od opterećenja. Date jednačine, međutim, predstavljaju neophodnu osnovu za određivanje položaja dodirnih linija bokova zubaca.

4. Uslovi sprezanja opterećenih zupčanika sa netačnim položajem zubaca

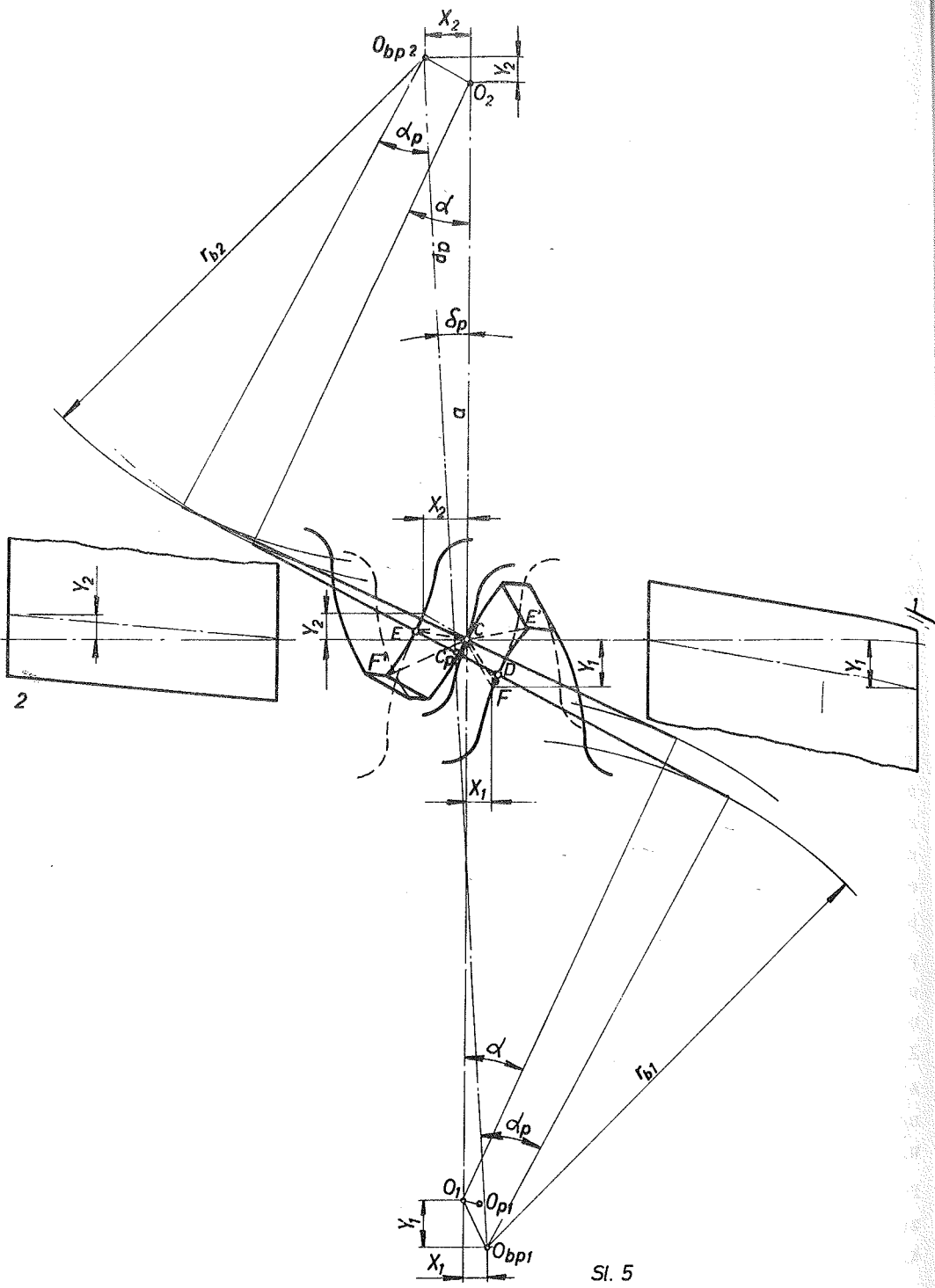
Odstupanja pravca bočnih linija spregnutih zubaca dovode do bitnih promena uslova sprezanja profila zubaca. Međutim, iako se kinematski odnosi pojedinih profila duž boka zupca suštinski menjaju, uticaj ovih promena se odražava prvenstveno na dinamiku zupčastih parova i na čvrstoću zubaca, a vrlo malo na opštu kinematiku.

Osnovni uslovi sprezanja dva zupca sa izrazitim odstupanjima pravca bočnih linija za neopterećeno stanje mogu se uočiti na slici 5. Kako je na slici predstavljeno, pri ovoj analizi uslova sprezanja uzeto je da su profili zubaca u preseku sa ravnim upravnim na osu obrtanja zupčanika 2 evolventni, što je potpuno tačno samo za navedene slučajeve odstupanja oblika zubaca. Međutim, s obzirom da je u ostalim slučajevima ugao zakošenja mali poluprečnici krivina evolventnih površina i napadni uglovi profila u presecima upravnim na osu obrtanja zanemarljivo malo odstupaju od stvarnih vrednosti.

Pri opterećenju spregnuti zupci se deformišu, te dolazi do proširenja dodirne površine i do sprezanja evolventnih profila duž boka zupca koji su u neopterećenom stanju međusobno udaljeni (slika 6). Dodir nove spregnutih evolventnih profila ostvaruje se po normali koja tangira trenutne osnovne krugove, s obzirom da je na njoj rastojanje dva evolventna profila najmanje. Spregnuti profili se duž dodirne površine pri površinskom pritisku deformišu, te se radi daljeg praćenja procesa sprezanja u centrima dodirnih linija, gde su površinske deformacije najveće, zamišljaju nove evolvente identične sa deformisanim.

Položaj spregnutih zubaca na slici 5 je određen komponentnim odstupanjima X_1, Y_1, X_2 i Y_2 u odnosu na osu obrtanja zupčanika 2 (na crtežu označena tačkom O_2). Osa obrtanja zupčanika 1 odstupa od osnovne ose i određena je koordinatama obrtne tačke prednjeg profila X_{O1} i Y_{O1} (koordinate ostalih tačaka duž ose $O_1 - O_{1p}$ označene su sa X_{zO1} i Y_{zO1}). Kako se sve koordinate daju u odnosu na zadnje čeonu profile i kako se oni jedino sprežu u neopterećenom stanju, to se uzimaju kao osnovni i uporedni za sprezanje drugih profila.

Pri sprezanju neopterećenih zubaca svaki evolventni profil duž boka zupca vrši kružno kretanje oko svoje tačke obrtanja, pri čemu isto kretanje vrše i sve tačke vezane za ovaj profil. Tako i središta os-



novnih krugova se kreću oko obrtnih tačaka na konstantnom rastojanju R_1 i R_2 odnosno R_{z1} i R_{z2} . Ako se koordinate ma kog profila duž boka zupca - duž ose Z , koje istovremeno predstavljaju i koordinate središta njihovih osnovnih krugova, za zupčanike 1 i 2 označe sa X_{z1} , Y_{z1} , X_{z2} i Y_{z2} , sa već usvojenim oznakama za čeonu prednje profile X_1 , Y_1 , X_2 i Y_2 , poluprečnici kružnih putanja središta zupčanika 1 prednjeg i ma kog drugog profila duž boka zupca su (slika 6)

$$R_1 = \sqrt{(X_1 - X_{01})^2 + (Y_1 - Y_{01})^2} \quad R_{z1} = \sqrt{(X_{z1} - X_{z01})^2 + (Y_{z1} - Y_{z01})^2},$$

a za zupčanik 2 odgovarajući poluprečnici iznose

$$R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} \quad \text{odnosno} \quad R_{z2} = \sqrt{X_{z2}^2 + Y_{z2}^2}.$$

Trenutni položaj centara prednjih profila pri sprezanju zubača, ako se kao osnov uzme položaj na slici 5, i ako su uglovi obrtanja zupčanika 1 i 2 od tog položaja φ_1 i φ_2 , definiše se koordinatama

$$\begin{aligned} X_1' &= X_{01} + R_1 \sin(\varphi_{01} + \varphi_1) & X_2' &= R_2 \sin(\varphi_{02} + \varphi_2) \\ Y_1' &= Y_{01} + R_1 \cos(\varphi_{01} + \varphi_1) & Y_2' &= R_2 \cos(\varphi_{02} + \varphi_2) \end{aligned}$$

Uglovi φ_{01} i φ_{02} određuju početni položaj središta osnovnih krugova u odnosu na središnju liniju osnovnih profila

$$\operatorname{tg} \varphi_{01} = \frac{X_1 - X_{01}}{Y_1 - Y_{01}} \quad \operatorname{tg} \varphi_{02} = \frac{X_2}{Y_2}$$

Uglove φ_1 i φ_2 treba uzimati sa znakom + ili - u zavisnosti od toga da li su od početnog položaja sa jedne ili sa druge strane.

Koordinate trenutnih položaja centra osnovnih krugova ma kog profila duž boka zupca X_{z1}' , Y_{z1}' , X_{z2}' i Y_{z2}' određuju se pomoću jednačina istog oblika samo sa odgovarajućim konstantama

$$\begin{aligned} X_{z1}' &= X_{z01} + R_{z1} \sin(\varphi_{01} + \varphi_1) & X_{z2}' &= R_{z2} \sin(\varphi_{02} + \varphi_2) \\ Y_{z1}' &= Y_{z01} + R_{z1} \cos(\varphi_{01} + \varphi_1) & Y_{z2}' &= R_{z2} \cos(\varphi_{02} + \varphi_2) \end{aligned}$$

Izvedene jednačine važe i za sprezanje opterećenih zupčanika, s tim što se u tačkama dodira umesto deformisanih zamišljaju tačne evolvente.

Izmešteni profili duž boka zupca sprežu se na osnim rastojanjima promenljivim u toku sprezanja različitim od osnovog rastojanja osnovnih profila. Osnovno rastojanje prednjih čeonih i drugih profila pri sprezanju u opterećenom ili neopterećenom stanju sa algebarskim vrednostima za odstupanja iznosi

$$a'_p = \sqrt{(X'_1 - X'_2)^2 + (a - Y'_1 + Y'_2)^2} \quad a'_z = \sqrt{(X'_{z1} - X'_{z2})^2 + (a - Y'_{z1} + Y'_{z2})^2},$$

gde je a osnovno rastojanje osnovnih profila.

Napadni ugao evolvente u kinematskom polju za dodir prednjih čeonih i drugih profila u ma kojoj tački dobija se na osnovu poznatih uslova (sa poluprečnicima podeonih krugova r_{o1} i r_{o2} i napadnim uglom na tom krugu α_0)

$$\cos \alpha'_p = \frac{(r_{o1} + r_{o2}) \cos \alpha_0}{a'_p} \quad \cos \alpha'_z = \frac{(r_{o1} + r_{o2}) \cos \alpha_0}{a'_z}$$

Ugao između središnje linije osnovnih profila i trenutno spregnutih profila na osnovu odnosa na sl.5 i 6 sa algebarskim vrednostima za koordinate odstupanja iznosi

$$\operatorname{tg} \delta'_p = \frac{X'_2 - X'_1}{a - Y'_1 + Y'_2} \quad \text{odnosno} \quad \operatorname{tg} \delta'_z = \frac{X'_{z2} - X'_{z1}}{a - Y'_{z1} + Y'_{z2}}$$

pri čemu pozitivna ili negativna vrednost znači da je ugao sa desne ili sa leve strane prave povučene iz središta O'_{p1} odnosno O'_{z1} paralelne sa središnom linijom $O_1 - O_2$.

U ma kojoj tački S u toku sprezanja čeonih prednjih profila napadni uglovi α'_{1S} i α'_{2S} prema kinematskim uslovima na prethodnim slikama za predjeni ugao φ_2 iznose

$$\operatorname{tg} \alpha'_{2S} = \alpha'_p + \varphi_2 - \delta'_p + \operatorname{inv} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha'_{1S} = (1+i) \operatorname{tg} \alpha'_p - i \operatorname{tg} \alpha'_{2S}$$

gde je α ugao dodirnice zadnjih, osnovnih profila, a i prenosni odnos. Na osnovu istih obrazaca mogu se odrediti i napadni uglovi ma kojih profila duž boka zubaca ako se uvedu odgovarajuće veličine α'_z i δ'_z .

Na osnovu prethodno izvedenih kinematskih odnosa može se konstatovati da se samo osnovni - zadnji čeonii profili dodiruju duž prave linije koja ne menja svoj položaj u toku sprezanja. (Pri deformaciji ovog profila posmatra se sprezanje zamišljenih tačnih evolventi). Svi ostali profili, stvarni ili zamišljeni, dodiruju se u toku sprezanja na pravim koje tangiraju osnovne krugove čiji se položaj u toku sprezanja menja. Usled toga dodirne tačke profila ne leže na istoj pravnoj, te dodirnica bokova zubaca nije ravan.

Napadnu površinu bokova zubaca čine normale u tačkama dodira koje dodiruju osnovne cilindre duž jedne prave. Kako međjutim osnovni cilindri spregnutih zubaca nisu paralelni, to napadna površina nije ravna. Pored toga u toku sprezanja osnovni cilindri menjaju položaj, pa se usled toga menja i položaj napadne površine.

5. Položaj dodirne linije zubaca sa netačnim pravcima bokova

5.1. Položaj dodirne linije na boku zupca

U odnosu na bok zupca položaj dodirne linije se menja i zavisi od njenog trenutnog položaja na dodirnici odnosno od njenog udaljenja od kinematskog pola. Međjutim kako su uslovi u toku procesa sprezanja dva bokova zupca slični i kako je cilj ove analize da ukaže na razliku uslova sprezanja, radi ocene odstupanja pravca dodirne linije na boku zupca u odnosu na tačan oblik i položaj zubaca, najpogodnije je razmotriti spregu zubaca u neopterećenom i opterećenom stanju za slučajeve na sl. 5 i 6 u kojima je dodir zadnjih čeonih površina u kinematskom polu. Prvu tačku dodirne linije na bokovima zubaca čini tačka C, dok druge dve krajnje tačke dodirne linije, ako su deformacije zubaca dovoljno velike, određuje tačka dodira prednjih evolventnih profila. Položaj ovih tačaka zavisi od veličine deformacije zubaca 1 i 2 i krajnji položaji bili bi u tačkama E i F. U prvom slučaju, pod pretpostavkom da se samo zubac 2 deformiše i da se približi zupcu 1, dodirna linija na boku zupca 2 bi imala vrlo kos položaj, od tačke C do F', dok bi na zupcu 1 bila od tačke C do F. U drugom slučaju, kada bi zubac 2 bio apsolutno krut, dodir bi bio u tački E i dodirna linija na zupcu 1 bi stajala vrlo strmo, od tačke C do E'. Kako se stvarno deformišu oba zupca, to dodirna linija na zupcu 1 leži u polju ograničenom linijama CF i CE', a na zupcu 2 u polju između linija CE i CF'.

Napadni uglovi evolvente u krajnjim tačkama E i F na oba zupca ili

u nekom srednjem položaju mogu se naći na osnovu jednačina u prethodnom odeljku. Sprezanje ostalih profila duž bokova zubaca tretira se na isti način kao i sprezanje prednjih čeonih profila.

5.2. Položaj dodirne linije prema osi obrtanja

Položaj dodirne linije bokova u odnosu na merodavnu osu obrtanja najpogodnije se može odrediti na osnovu njenog položaja u napadnoj površini i na osnovu nagiba napadne površine prema ovoj osi. Ugao dodirne linije u napadnoj površini u odnosu na merodavnu osu određuje se pomoću njene projekcije u ravni koja prolazi kroz kinematski pol zadnjih profila i kroz tangentu na osnovnim krugovima prednjih čeonih profila (na slici 6 prava kroz tačke G i H), što potpuno zadovoljava s obzirom da je prvenstveni cilj ovih razmatranja određivanje pravca, a u drugom planu oblika dodirnih linija.

Položaj dodirne linije zavisi od oblika i položaja presečnih linija bokova zubaca i napadne površine. Za slučaj neopterećenih zupčanika, usvajajući kao osnovu spregu zadnjih čeonih površina u kinematskom polju (slika 5), presečne tačke bokova i tangenti na osnovnim krugovima određene su njihovim napadnim uglovima čije se vrednosti dobijaju na osnovu ranije razmatranih odnosa i iznose za čeone profile

$$\operatorname{tg} \alpha_{D,E} = \alpha_p + \operatorname{inv} \alpha - \delta_p$$

odnosno i za sve druge profile duž boka zupca, α_{zD} , α_{zE} , ako se u jednačinu uvrste odgovarajuće vrednosti za promenljiv napadni ugao u kinematskom polju α_z i za ugao između središnjih linija zadnjih i posmatranih profila δ_z . Kako ovi uglovi prema navedenim obrascima imaju nelinearnu promenu, to je i promena napadnih uglova presečnih tačaka nelinearnog karaktera, tj. presečne linije nisu prave.

Za određivanje pravca presečnih linija koriste se njene krajnje tačke na prednjim i zadnjim profilima. Na dodirnici spoljnih čeonih profila za neopterećene zupce krajnje tačke D i E (slike 5 i 7) odsecaju do projekcije ose obrtanja u tangentnoj ravni povučene iz tačke C duži $\overline{DN} = u_1$ i $\overline{EN} = u_2$, koje određuju uglove između pravaca presečnih linija i projekcije ose obrtanja. Tačnim računom dolazi se do veličina ovih odsečaka:

$$u_1 = r_{o1} \cos \alpha_o \left[\operatorname{tg} \alpha_p - \operatorname{tg} \alpha_D + \operatorname{tg}(\alpha_p - \delta_p) + \frac{\sin \delta_p}{\cos \alpha_p \cos(\alpha_p - \delta_p)} - \frac{\sin(\alpha_p - \delta_p)}{\cos \alpha} \right] + X_2 \cos(\alpha_p - \delta_p) - Y_2 \sin(\alpha_p - \delta_p)$$

$$u_2 = r_{o2} \cos \alpha_o (\operatorname{tg} \alpha_p - \operatorname{tg} \alpha_E) - u_1$$

Mnogo jednostavniji oblik jednačine za odsečke u_1 i u_2 dobija se ukoliko se usvoji da tačke D odnosno E sa tačkama bočnih linija povučenih iz C leže na pravoj upravnoj na dodirnicu, čime se čini vrlo mala greška jer se luk evolvente zamenjuje pravom. Veličina odsečka usvajajući algebarske vrednosti za X i Y su:

$$u_1 = X_1 \cos(\alpha_p - \delta_p) - Y_1 \sin(\alpha_p - \delta_p)$$

$$u_2 = -X_2 \cos(\alpha_p - \delta_p) + Y_2 \sin(\alpha_p - \delta_p)$$

Sa ovim veličinama uglovi presečnih linija bokova su potpuno određeni (slika 7)

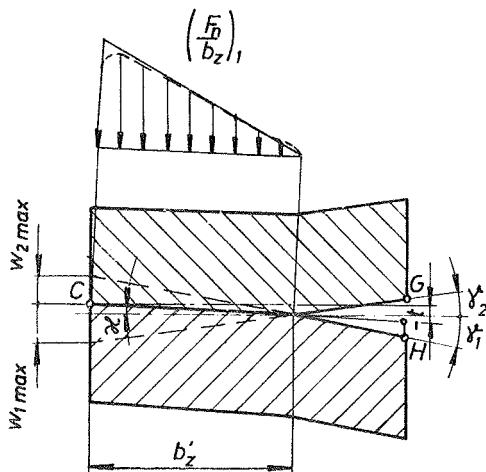
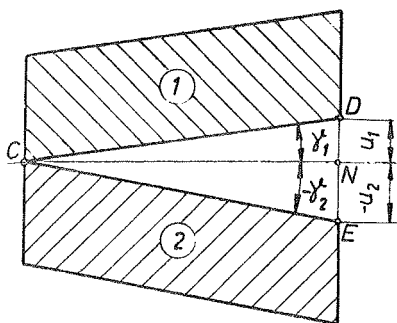
$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{u_1}{b} \quad \operatorname{tg} \gamma_2 = \frac{u_2}{b}$$

Pravac dodirne linije određuju sem ovih uglova i veličine deformacija zubaca. Pod dejstvom opterećenja - normalne sile - nastaju pomeranja napadnih tačaka na dodirnoj površini usled površinskog pritiska, zatim pomeranja usled savijanja, pritiska i smicanja zubaca i tela zupčanika na mestu uklještenja. Pri delovanju sile po jedinici dužine $(\frac{F}{b_z})_1$ ona iznose

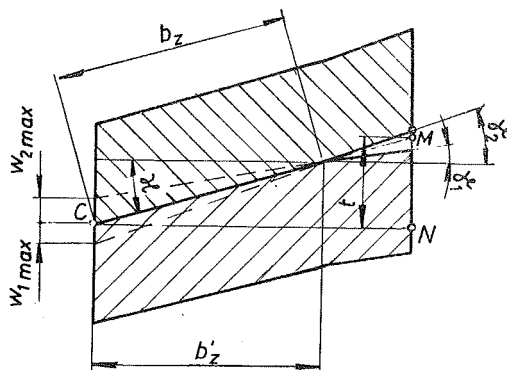
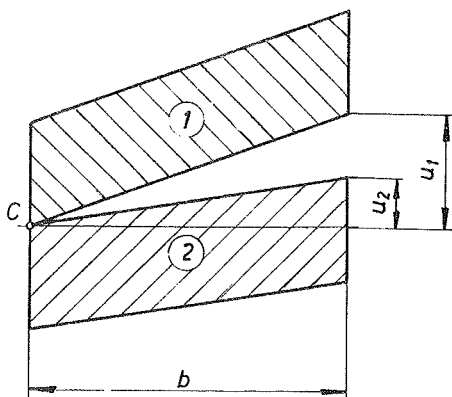
$$w = \frac{(\frac{F_n}{b_z})_1}{E} q$$

gde je E modul elastičnosti, q faktor deformacija koji zavisi od oblika zupca i od položaja napadne tačke duž profila zupca (za ravnomernu raspodelu izvedeni su obrasci za ovaj faktor i izračunat niz njegovih vrednosti u radu [1]).

Kako su oblici zubaca 1 i 2 uopšte uzev različiti, a takodje i moduli elastičnosti, deformacije zubaca su nejednake i njihov odnos predstavlja odnos modula elastičnosti i faktora deformacija:



a)



b)

Sl. 7

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{E_2 q_1}{E_1 q_2}$$

Na osnovu najvećih deformacija w_{1max} i w_{2max} i uglova između projekcije merodavne ose obrtanja i presečnih linija bokova γ_1 i γ_2 dobija se ugao između dodirne linije i ove projekcije

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \gamma_1 - \frac{w_1}{b'_z}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \gamma_2 + \frac{w_2}{b'_z}$$

odnosno odsečki pravca dodirne linije i projekcije ose obrtanja na dodirnici čeonih profila (slika 7)

$$t = u_1 - w_1 \frac{b}{b'_z}$$

$$t = u_2 + w_2 \frac{b}{b'_z}$$

gde je projekcija aktivne dužine

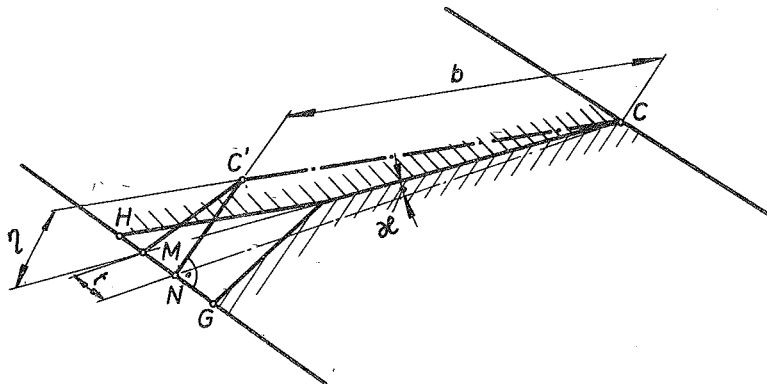
$$b'_z = \frac{w_{1\max} + w_{2\max}}{\operatorname{tg} \gamma_1 - \operatorname{tg} \gamma_2}$$

$$b'_z = \frac{w_{1\max} + w_{2\max}}{u_1 - u_2} b$$

Veličine uglova γ_1 i γ_2 odnosno odsečaka u_1 i u_2 treba uzeti sa znakom plus ako su s desne strane, a sa znakom minus ako su sa leve strane projekcije ose obrtanja u tangentnoj ravni (slike 6 i 7).

Iz slika i jednačina može se zaključiti da je nagib dodirne linije u toliko veći ukoliko su uglovi γ_1 i γ_2 veći, a naročito ako su smerovi nagiba isti, i da dužina dodirne linije raste sa povećanjem deformacija, a opada sa porastom uglova γ_1 i γ_2 .

Udaljenje dodirnice čeonih profila od pravca ose obrtanja kroz kinematski pol, slika 8, na osnovu kinematskih odnosa spregnutih profila



Si. 8

pri opterećenju, sa napred odredjenim karakterističnim veličinama iznosi

$$\overline{C'N} = r_{o2} \cos \alpha_0 \left[1 - \frac{\cos(\alpha'_p - \delta''_p)}{\cos \alpha} \right] - X_2 \sin(\alpha'_p - \delta'_p) - Y_2 \cos(\alpha'_p - \delta'_p)$$

Sa ovim veličinama ugao između dodirne linije i ose obrtanja zupčarika 2 iznosi:

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{\overline{C'M}}{b}$$

gde je $\overline{C'M} = \sqrt{\overline{C'N}^2 + t^2}$.

Na osnovu izvedenih razmatranja može se zaključiti da ugao zavisi od odstupanja pravca bočnih linija u dosta složenom obliku. Činjenica da se u toku sprežanja dva zupca merodavne veličine koje određuju ugao odstupanja u izvesnoj meri menjaju, (na isti način se izvode kao i za spregu zadnjih profila u kinematskom polu), još više pojačavaju ovu konstataciju.

6. Aksijalna sila kod cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima

Kos položaj dodirne linije ima dve izrazito nepovoljne posledice za spregu zupčanika. Prva je neravnomerna raspodela opterećenja duž dodirne površine, naročito ako nije po celom boku zupca. Karakter ove raspodele s obzirom na približno linearnu zavisnost deformacija zubaca od opterećenja je takodje skoro linearan (slika 7). Povećani napon usled kosog položaja dodirne linije od bitnog su značaja za čvrstoću zubaca, te je dosada prvenstveno sa tog aspekta razmatrano odstupanje pravca bočnih linija. Pri tome sva dosadašnja ispitivanja bila su usmerena da se pri već usvojenom odstupanju bočnih linija ustanovi raspodela opterećenja i njegova vrednost.

Druga posledica odstupanja pravca dodirne linije od teorijskog položaja jeste pojava aksijalne komponente normalne sile na zupcu. U slučaju kada je zupčanik čvrsto vezan sa vratilom onda nema značaja, jer se preko vratila uravnotežava sa aksijalnom komponentom otpora oslonca. Medjutim kod aksijalno pokretljivih zupčanika ova sila ima presudan uticaj na rad, jer teži da razdvoji spregu, do čega i dolazi kada je dovoljno velika.

Veličina aksijalne sile dobija se na osnovu istih odnosa kao i kod zupčanika sa kosim zupcima i iznosi

$$F_a = F_o \cdot \operatorname{tg} \eta$$

Činjenica da je aksijalna sila srazmerna obimnoj ukazuje da ona dolazi do izražaja kod specifično velikih opterećenja zupčanika, a to su prvenstveno zupčanici sa velikom površinskom čvrstoćom, koji imaju primenu u prenosnicima gde veličina i težina zupčanika imaju presudan uticaj.

Ugao odstupanja pravca dodirne linije na osnovu prethodnih razmatra-

nja zavisi prvenstveno od odstupanja pravca bočnih linija, a u znatno manjoj meri od veličine deformacija zubaca. Kako se pored toga na deformacije može vrlo malo uticati, s obzirom na relativno malu promenljivost faktora deformacija q , to se smanjenje aksijalne sile može postići skoro isključivo uticajem na veličinu i smer odstupanja pravca bočnih linija od merodavne ose obrtanja.

Male aksijalne sile mogu biti i pri većim uglovima odstupanja bočnih linija ako su njihovi smerovi suprotni. Međutim u ovom slučaju vrlo male površine dodira dovode do vrlo velikih površinskih pritisaka, a s tim i do intenzivnog smanjenja dinamičke čvrstoće zubaca.

S obzirom da je odstupanje pravca bočnih linija, kako je pokazano u odeljku 3, posledica brojnih uticaja, to smanjenje odstupanja zahteva brižljivo razmatranje svakog od njih.

Dozvoljena odstupanja pravca bočnih linija, naročito kod grubljih kvaliteta, su relativno velika i mogu dati veliki ugao odstupanja. Usled ovog prvi zahtev u cilju smanjenja aksijalne sile je visok kvalitet izrade zupčanika, posebno ako se zupčanici posle termičke obrade naknadno ne obradjuju.

Takodje velika tačnost saosnosti venca i otvora u glavčini, cilindricni oblik otvora, mali zazori između otvora i vratila, kao i dobro dimenzionisani žljebni spojevi i klinovi drugi su preduslov za izbegavanje pojave aksijalnih sila.

Uvijanje tela zupčanika ima značaj samo ako je telo odnosno venac slabo dimenzionisan, te se konstruktivnim rešenjem ove deformacije mogu uvek svesti na zanemarljivo male veličine.

Bitan uticaj deformacija vratila na odstupanje pravca bočnih linija može se eliminisati ili znatno smanjiti pogodnim konstruktivnim rešenjima - većom krutošću vratila i dobrom raspodelom zupčanika i elemenata na njemu.

Deformacije ležišta mogu da doprinesu povećanju aksijalne sile samo ako se opterećenja na osloncima vrlo mnogo razlikuju, a naročito ako imaju suprotne smerove.

Znatno veći uticaj mogu da imaju odstupanja osa otvora za ležišta s obzirom na njihovu veličinu. Usled ovog povoljna rešenja sa tačke gledišta tehnologije i konstrukcije kao i povećana tačnost pri izradi su neophodni uslovi za smanjenje aksijalnih sila.

Pomeranje ose oslonaca usled deformacija kućice dolazi do izražaja sa-

mo kod nedovoljno krutih ili nepovoljno oslonjenih kućica (na primer kod menjača), te u cilju izbegavanja pojava većih aksijalnih sila treba obezbediti dovoljnu krutost kućice.

Navedena odstupanja mogu se u toku eksploatacije smanjiti. Usled klizanja bokova zubaca dolazi do habanja dodirnih površina, koje je najveće na mestima najvećeg površinskog pritiska, a pored toga oko kinematske ose nastaju plastične deformacije. Sve ovo ima za posledicu smanjenje odstupanja bočnih linija i nagiba dodirne linije. Ovaj efekat koji se postiže posle razrade - posle odredjenog broja časova rada - značajan je međjutim samo ako su dodirne površine zubaca male tvrdoće, dok kod zupčanika sa velikom tvrdoćom površinskih slojeva efekat je mali i početni uslovi rada ostaju približno i dalje.

7. Eksperimentalno ispitivanje stabilnosti položaja zupčanika

U cilju utvrđivanja bitnih uticaja na ponašanje aksijalno pokretljivih zupčanika vršena su eksperimentalna ispitivanja na jednom prenosniku za motorna vozila. Ovakvi prenosnici omogućuju ostvarivanje velikih specifičnih opterećenja, te navedeni uticaji koji potiču od deformacija dolaze do izražaja, a pored toga obezbeđuju veliku stabilnost stvorenih uslova rada s obzirom na veliku tvrdoću bokova zubaca.

Ispitivanja su vršena na uređaju za ispitivanje prenosnika sa spoljašnjim kolom opterećenja UZ-IV-A [2]. Ponašanje aksijalno pokretljivog zupčanika u toku rada praćeno je pomoću sonde čiji se jedan kraj nalazio u žljebu zupčanika, a drugi služio kao indikator aksijalnog položaja zupčanika i bio vezan za signalni uređaj za isključenje opitnog uređaja u slučaju naglog samoisključenja (slika 10). Zupčasti parovi su opterećivani sa najvećim nominalnim obrtnim momentom predviđenim za ovaj prenosnik i sa preopterećenjem od 10% i 20%.

Težište rada bilo je na ispitivanju uticaja bitnih činilaca, sa ograničenjima u uslovima već usvojene konstrukcije prenosnika. U prvom redu bio je ispitivan uticaj tačnosti izrade pravca bočnih linija, što je od bitnog značaja s obzirom da posle termičke obrade zupci nisu više obradjivani, zatim uticaj tačnosti izrade žljebnog spoja i njihovog zazora i uticaj stabilnosti položaja ležišta, s obzirom da je jedan oslonac vratila ispitivanog zupčanika bio oslonjen u drugom vratilu. Merenja deformacija kućice (slika 11) koje su opterećene na uvijanje razlikom izlaznog i ulaznog obrtnog momenta pokazuju da one

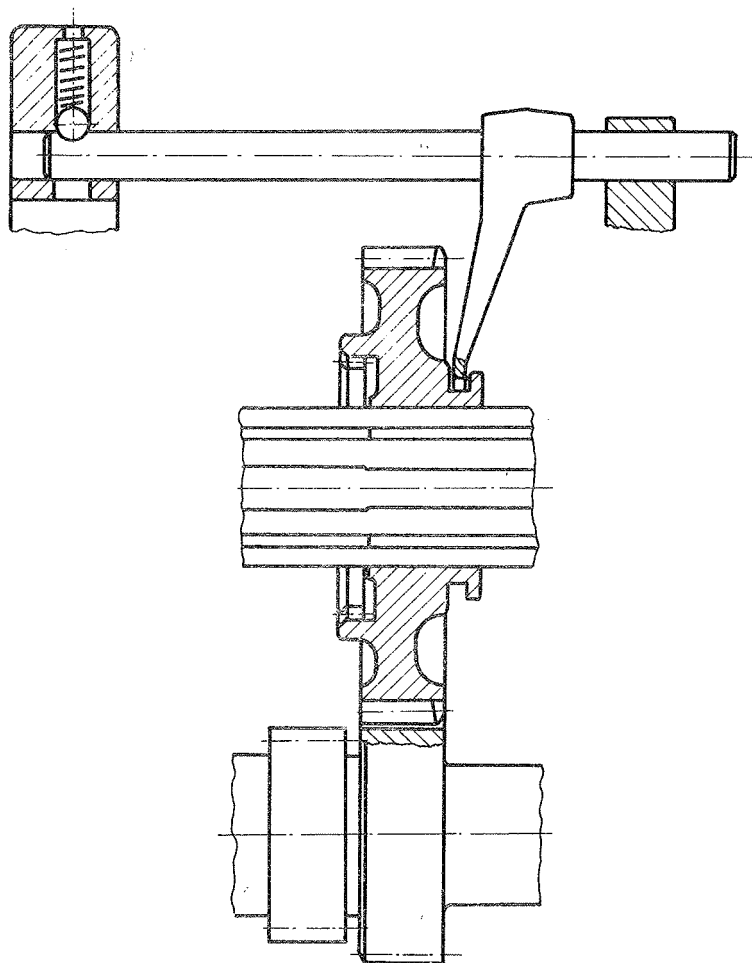
nisu zanemarljivo male.

Ispitivanja su potvrdila činjenicu da su odstupanja pravca bočnih linija i veličina aksijalne sile rezultat velikog broja uticaja i da promena jedne bitne komponente dovodi do izmene aksijalne sile i ponašanja zupčanika. Primera radi navodi se činjenica da je samo promena smera obrtanja dovela do stabilizacije zupčanika - do eliminisanja samoisključenja - pri istim ostalim uslovima. Kako su istovremeno ispitivana dva prenosnika, to je promena smera obrtanja imala za posledicu izmenu smera deformacija kućica i promenu uloge zupčanika (u jednom jedan zupčanik radi kao pogonski, a u drugom kao gonjeni), te je zbir uticaja bio u prenosnicima izmenjen, što je u rezultatu dalo promenjenu aksijalnu silu.

Ispitivanja su pokazala da najbitniji uticaj na pomeranje zupčanika ima tačnost izrade pravca bočnih linija (kvaliteti 11 i 12 dovode pod određenim ostalim uslovima do samoisključenja zubaca). Isto tako je uočeno da nagla i gruba promena geometrije zupčanika odnosno zubaca dovodi do samoisključenja. Uticaj opterećenja je bitan, ali je ustanovljeno da pri gornjim granicama opterećenja male promene nemaju uticaja, a da samo znatno smanjenje opterećenja dovodi do stabilnog položaja aksijalno pokretljivog zupčanika.

Pored utvrđivanja uticaja na pojavu aksijalne sile izvršena ispitivanja su imala za cilj i da ocene efikasnost pojedinih mera za sprečavanje i eliminisanje dejstva već stvorene aksijalne sile. Aksijalnom kretanju pomerljivog zupčanika se suprotstavljaju sile trenja na dodirnim površinama zubaca i između glavčine i vratila, kao i otpor u poluzi viljuške ostvaren obično oprugom i kuglicom (slika 9). Sila trenja, iako je velika, zbog klizanja bokova zubaca duž profila, zbog pokretne veze glavčine i vratila usled zazora i zbog promenljivosti aksijalne sile pri jednostrukoj i dvostrukoj sprezi, po pravilu nije dovoljna da se suprotstavi povećanoj aksijalnoj sili. Međutim, pod povoljnim uslovima - pri povećanoj tačnosti - sila trenja je obezbedjivala stabilan položaj pokretljivog zupčanika (ispitivanja su vršena bez otpora kuglice odnosno opruge).

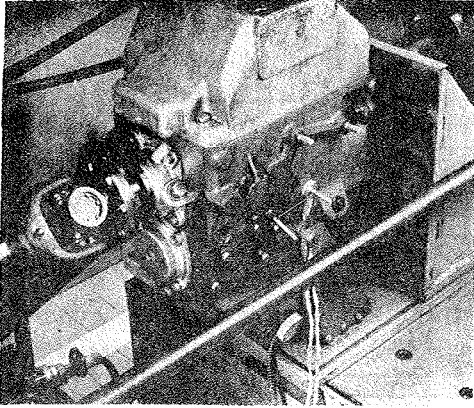
Povećanje otpora u poluzi viljuške (povećanjem sile u opruzi i dubinom i oblikom žljeba) može se obezbediti stabilnost u radu pri manjem povećanju aksijalne sile, ali se ona može vrlo efikasno preneti preko vratila na oslonce ako se u žljebovima spoju zupci na vratilu na mestu naleganja pokretljivog zupčanika izrade sa manjom debljinom, te se



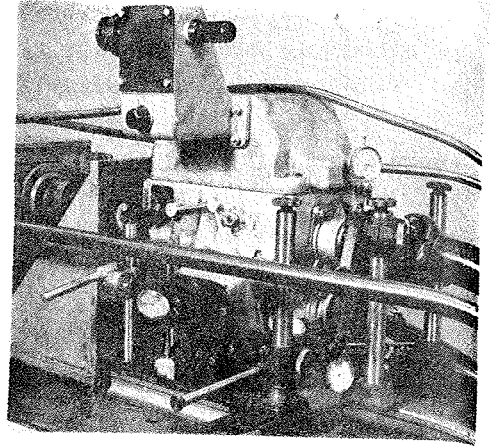
Sl. 9

pri delovanju aksijalne sile zupčanik osloni na prošireni deo zupca koji mu sprečava dalje kretanje. Ispitivanja su pokazala veliku efikasnost ovakvog rešenja.

Kod zupčanika sa manjim tvrdoćama bokova samokočenje se može postići prevlačenjem pokretljivog zupčanika preko nepokretnog zupčanika s obzirom da se u toku razrade pohaba aktivan deo boka zupca, te prevučeni nepohabani deo boka sprečava aksijalno pomeranje zupčanika.



Sl. 10.



Sl. 11.

8. Zaključak

Teorijska analiza problema samoisključenja i izvršena eksperimentalna ispitivanja daju mogućnost da se izvedu nekoliko bitnih zaključaka.

1. Na osnovu analize mikrokinematskih odnosa pokazano je da odstupanja položaja bočnih linija dovode do promena svih bitnih kinematskih karakteristika, do promena oblika i položaja napadne površine, dodirnice bokova i dodirne linije. Ustanovljeno je takodje da u toku sprezanja ovi odnosi nisu apsolutno konstantni.
2. Promenjeni kinematski uslovi imaju dve izrazito nepovoljne posledice za spregu zupčanika: neravnomernu raspodelu opterećenja duž dodirne linije i pojavu aksijalne sile koja teži da razdvoji spregu, što se kod pokretljivih zupčanika pod odredjenim uslovima i ostvaruje.
3. Smanjenje aksijalne sile i ravnomernija raspodela opterećenja može se postići uticajem na sve navedene mnogobrojne činioce, a prvenstveno povećanom tačnošću i krutošću zupčanika i celog sklopa, uključujući i kućicu.
4. Efikasno sprečavanje dejstva aksijalne sile postiže se pomoću dvostruke širine zupca u žljebnom spoju vratila i zupčanika. Kod malih tvrdoća bokova prevlačenje pokretljivog zupčanika može da obezbedi dovoljnu sigurnost protiv aksijalnog pomeranja.

9. Literatura

- [1] Z. Savić, Relativno kretanje zupčanika usled elastičnosti i grešaka u profilu i koraku zubaca, habil. rad, Mašinski fakultet, Beograd (1960)
- [2] Z. Savić, Osnovne tendencije istraživanja u oblasti zupčanika, Zbornik saopštenja V Savetovanja proizvodnog mašinstva, Kragujevac, III knjiga (1969)
- [3] T.C. Stott, Problems in the Design and Development of an Economical Automobile Gear-box, The Institution of Mechanical Engineers - Proceedings of the Automobile Division, I (1953-54)
- [4] K.I. Zablonskii, Žestkost zupčatih predač, Kiev (1967)
- [5] K.L. Košelev, Ob uveličenii sroka službi šesteren avtomobilnih korobok predač, Avtomobilnaja i traktornaja promišljenost, 1 (1955)
- [6] G. Niemann, D. Reister, Einseitiges Breitentragen bei geradverzahnten Stirnrädern, Konstruktion, 18 (1966) 3
- [7] J. Rademacher, Ermittlung von Lastverteilungsfaktoren für Stirnradgetrieben, Industrie-Anzeiger, 17 (1967)

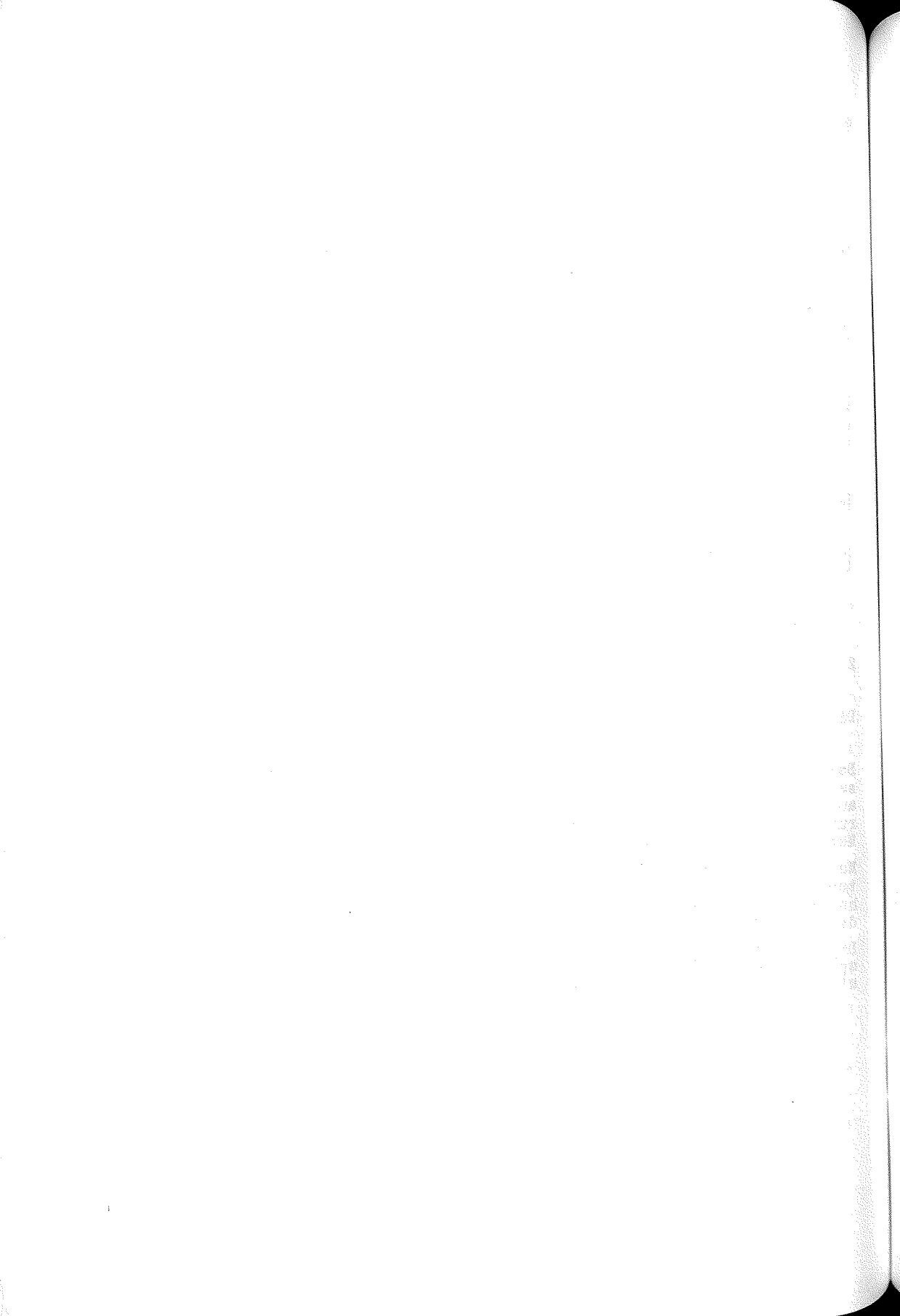
Z. Savić

Die Stabilität der längsbeweglichen Zahnräder

Bei der Fahrzeuggetrieben mit der geradverzahnten Schieberräder kann es bei der grosseren Belastungen die Selbstausschaltung der Zahnräder aufkommen. Der Grund dazu sind die schräge Lage der Zahnflanken-Berührungslinie und die hervorgerufenen Längskräfte, die die Folge der Flankenrichtungsabweichungen sind.

Nach der Analyse der zahlenmässigen Ursache der wirksamen Flankenrichtungsfehler wird die theoretischen Eingriffsverhältnisse der fehlerhaften Zähne abgeleitet: die Lage der Eingriffs- und Berührungslinie, die Grösse des Eingriffswinkels u.a.

Die experimentalen Versuche, die mit Fahrzeuggetrieben auf einem Ver-
spannungsprüfstand durchgeführt wurden, haben die theoretisch festge-
stellten Tatsachen und Einflüsse beweist.



R. Zdenković x)

TEHNIKA I AUTOMATIZACIJA U INŽENJERSKOM RADU I STVARANJU xx)

U dobu u kojemu danas živimo, gdje govorimo o tehnizaciji ne samo tehničkih nauka nego i cijelog našeg života, našeg općeg poimanja itd., osjećamo manje više svi nekakav neodredjeni nemir, čije razloge ne možemo lako definirati. Ovaj ne potječe od nekih većih lokalnih i izrazito uočljivih zbivanja, te nema neki revolucionarni karakter, ali je ipak nešto što nas više manje sve uznemiruje, kako nas starije tako i mlađe, pa konačno znademo i studenti su svi i svugdje u izvesnoj uznemirenosti.

Taj neodredjeni opći nemir mogao bi se možda sasvim grubo okarakterizirati kao posljedice jednog ubrzanog prelaznog doba ljudske historije, ljudskog shvatanja i načina života, odnosa sa drugima itd. Čovječanstvo je takove temeljite preorijentacije prolazilo više puta u svojoj vjekovnoj historiji, ali su ti prelazi obično trajali generacijama, pa se kao nešto abnormalno nijesu većinom ni osjećali, nasuprot današnjem naglom prelazu sa ručnog, individualnog rada i značaja u objektivni automatski rad, te sa sve većom željom, ali i mogućnostima da zamišljene ciljeve ne samo što prije dokuči, nego za svog života što dulje uživa. Nesreća je možda naša što smo se rodili upravo u ovom prelaznom periodu kada eto tehnika tako naglim porastom i koracima ulazi u ljudski život da ju s jedne strane, mi stari teško možemo pratiti, a da s druge strane mladi u toj tehnici vide riješenje koje samo od sebe i bez ičeg daljnjeg dovadja do blagostanja i do udovoljenja svih želja, bez da zapravo promišljaju da i tu ima izvjesnih problema i granica. U većini slučajeva oni smatraju da treba nabaviti samo jedan kompjuter i taj će konačno sve riješavati i raditi. Ali uz to zaboravljaju da i taj kompjuter treba složiti i da treba, ono što je

x) Dr. Rudolf Zdenković, dipl.ing., vanr. profesor Strojarsko-brodogradjevnog fakulteta Zagreb

xx) Slobodni koreferat uz uvodno izlaganje o alatnim mašinama

najvažnije, tom kompjutoru napraviti i složiti stanoviti program pa da tek onda može, koristeći primjenjenu algebru logike ovaj u zajednici s ostalim adekvatnim uređajima davati izvjesne rezultate.

Može biti pretjerano ako kažem da mi stari ili stariji često osjećamo danas da nam se gubi autoritet, odnosno da godine i godine stečenog iskustva i nedefiniranog ali sigurnog osjećaja za pravim praktičnim riješenjima, ne predstavlja za mlade generacije često puta više autoritet ni vrijednost koju bi mogla izmjeriti nekim brzim testovima ili znanjem, recimo, visoke matematike. Prije jednom je takav čovjek sa nekoliko desetaka godine prakse bio i te kako značajna i poštivana osoba u pogonskom zbivanju.

Ne bih htio s tim nikako da podcjenim visoku vrijednost teoretskog znanja kojim naši mladi kolege sigurno bolje raspolažu od mnogih nas starih praktičara, jer bez skladne primjene teorije nema ni vrhunskih praktičnih rezultata. O tome je već, nevjerovatno bistrim pogledom današnjice, pred više od 2000 godina pisao najveći arhitekt i graditelj moćnog Cezara i Augusta, Pollione Vitruvius, autor znamenitih deset knjiga "De architectura". Njegove značajne riječi su upravo apoteoza znanstvenog rada: "Vi morate naučiti i vladati kako teorijom tako i praksom, jer se teorija odnosi na kraksu, a praksa ovisi o teoriji, te ne smijete zaboraviti da tko ne vlada matematikom ne vlada ni teorijom, a tko ima teoriju može jedino stvarati velika djela!"

Danas se tako rekuć prelazi preko te skladne sinteze teorije i prakse jer se smatra da sve to može taj kompjuter da izračuna, da sredi, pa i da projektira i izmišlja! Stoga sam smatrao da bi bilo zgodno u nastavku današnjeg uvodnog predavanja u kome je drug prof.dr. Stanković iznio krasno savremene linije o konstrukciji alatnih strojeva, a kao veza ovoga sa poslijepodnevnim gdje ću govoriti o automatizaciji i problemima primjenjene automatizacije na alatne strojeve, da eto tu možda dadem jedan sasvim kratak, letimični pogled i jednu malu informaciju o onome što mi danas možemo ostvariti u automatizaciji projektantskog i konstruktorskog rada.

Zabrinjavajuća činjenica jest svakako drugovi, da smo mi u proizvodnji zadnjih desetak godina, ne samo kod nas nego i u naprednim industrijskim zemljama, otišli nevjerovatno dalje, toliko da smo ne samo 100% nego 1000% a negdje i više ubrzali mogućnosti rada i izrade pojedinih djelova, ali da smo u našim projektantskim i konstruktorskim organizacijama praktički još na onom nivou rada gdje smo mi pred tri-

desetak i više godina bili i radili, osim da imamo većinom naša računala i ostala mala pomagala kao grafose i savremene stolove za crtanje, no to je praktički i jedini doprinos te tehnizacije u tim uređima!

Stoga se u zadnje vrijeme osjeća svugdje velika potreba i težnja da se i tu unese izvjesna automatizacija, kako bi se moglo olakšati i ubrzati rad, te ostvariti potrebe koje dolaze od toga što industrija treba sve više i više proizvoda za koje mi imamo strojeve koji će ih brzo napraviti, ali mi više nemamo dovoljno konstruktora koji će ih moći i odgovarajuće brzo izkonstruirati, a što je najvažnije da će ih moći i po novim saznanjima tehnike stvoriti, ne samo tražeći brzine i jednostavnosti radi po starim ladicama, te iskopati ili kombinirati postojeće konstrukcije, nego da se tu brzo unesu upravo i najnovija saznanja. Dok su prije biroi tjerali proizvodnju, to sada proizvodnja počinje tjerati biroe. Zato se u naprednim zemljama veoma mnogo i grozničavo na tome u zadnje vrijeme radi, pa su postignuti konačno i izvjesni rezultati.

Što se sve može u projektantskim i konstruktorskim biroima automatizirati, dakle u onom djelokrugu rada kojeg smo do sad smatrali isključivim domenom čovjeka intelektualca i njegovog stvaranja, želio bih Vam kratko i informativno prikazati na tri slijedeće slike.

Prva daje pregled bitnih funkcija i rada pri stvaranju projekata i konstrukcionih crteža, te njima pripadajućih podataka razlučeno ili svrstano po onim elementarnim djelovima odnosno funkcijama po kojima radi automat, a po kojima mi i sami radimo samo nesvjesno bez odredjenih granica faza rada.

Pregled slike 1 pokazuje nam te elemente i faze svedene na zajednički nazivnik čovjek-stroj. Iz ovog detaljiranog pregleda možemo zaključiti da automat može sve stvoriti što se osniva na poznatim elementima i fizičkim zakonima, koji se logički variraju i slažu. Medjutim nešto novo što ne postoji, a što bi imalo praktičke vrijednosti, dakle nešto što bi bilo adekvatno bazirano na intuiciji i intelektu čovjeka ne može barem za praktičnu primjenu u tehničkim naukama dati, kao što ćemo u ostalom u popodnevnom mom glavnom referatu o automatizaciji u uvodu još vidjeti. Automat dakle ne može u tehnici stvoriti nešto što ima smisla i svrhe, a da ne postoji još u bilo kojoj kombinaciji. Doduše u muzici imademo takovih slučajeva da imamo glazbu koja se stvara bez pravila iz bilo kakvih atonalnih slogova i kombinacija. Dopus-

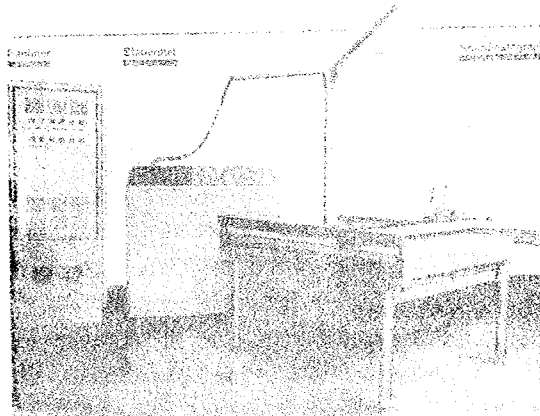
štam da neki to danas smatraju čak i izvjesnom umjetnošću iako sum-
 njam da u tome stvarno uživaju, ali u tehnici mislim da ćemo svi koji
 smo ovdje realisti reći da tako jedno stvaranje jednog automata bez
 programa koji bi samo nasumce složio neke crte ili nabacao štošta, da
 mi to ipak nebi htjeli proizvodjati, ili barem ne sjesti u takovo je-
 dno, recimo, vozilo ili tome što slično!

NASTAJANJE KONSTRUKCIJE OD ZADATKA DO KONSTRUKCIONOG RIJEŠENJA ALTERNATIVNI ČOVJEK - STROJ - AUTOMAT					
izvor		vanjska (prethodna) obrada	prelada ili interna obrada	vanjska (naknadna) obrada	rezultat odnosno riješ enje
čovjek	s funkcijom	zapažanja i iskustva	razmišljanja kombinirano i log zaključivanja	odlučivanja i konstruiranja	projekt termič uputa
	o kao izvorima	izvika spasobnost i uma	uma i prezice i odlučije	uma i izvika spasobnost	
stroj (automat)	s funkcijom	dobivena informacija	prelada informacija	izdavanje informacija	model zupni i detaljni crteži i t.d.
	o kao izvorima	njirajpa i govnih podataka (soft ware)	određenih brojevnih i brojevnih metoda priloga i kriterija (hard ware) putem programirane odobre logike i upravljačke tehnike	numeričkih i izvornih priloga	
Prvi izdavanje Zagreb	I. SAVJETOVANJE PROJEKCIJSKOG NAŠTINIA Beograd - Kolovoz 1969.				

Slika 1.

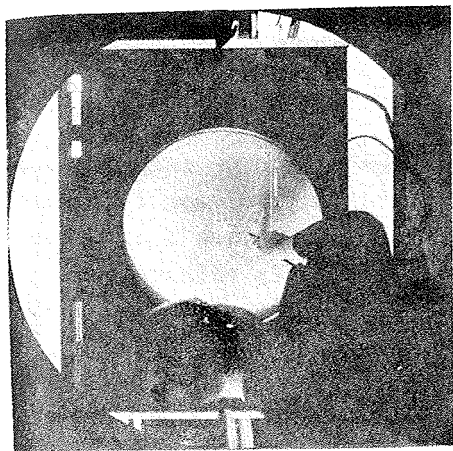
Jedan mali izbor onog što na tom području danas stvarno postoji, te
 što ima smisla i pruža veliku pomoć projektantima i konstrukterima je
 grafičko ostvarenje računskih operacija i njihovih proizvoljnih vari-
 jacija i kombinacija.

Tako je na slici 2 prikazan koordinatograf na primjer švicarske firme
 Contraves, koji crta po programiranim izrazima profile uzdužnih ili
 poprečnih presjeka turbinskih lopatica i avionskih krila ili isto ta-



Slika 2

ko brodske linije ili pak radioničke crteže djelova koji se dadu opisati dimenzijama, po sličnom principu kao što i numerički strojevi obradjuju svoje izradke. Naročito su od koristi takovi automati pri kompliciranim gradjevinskim statičkim konstrukcijama. No najveće dostignuće na tom polju bar do sad, a prosto si i ne možemo lako nešto savršeniije zamisliti, je mogućnost direktnog grafičkog razgovora čovjeka i stroja preko svjetlećeg ekrana i posebne električne olovke, kako je to prikazano na slici 3, instrumenta kojeg proizvode medju ostalim firme IBM i Control-Data Co.



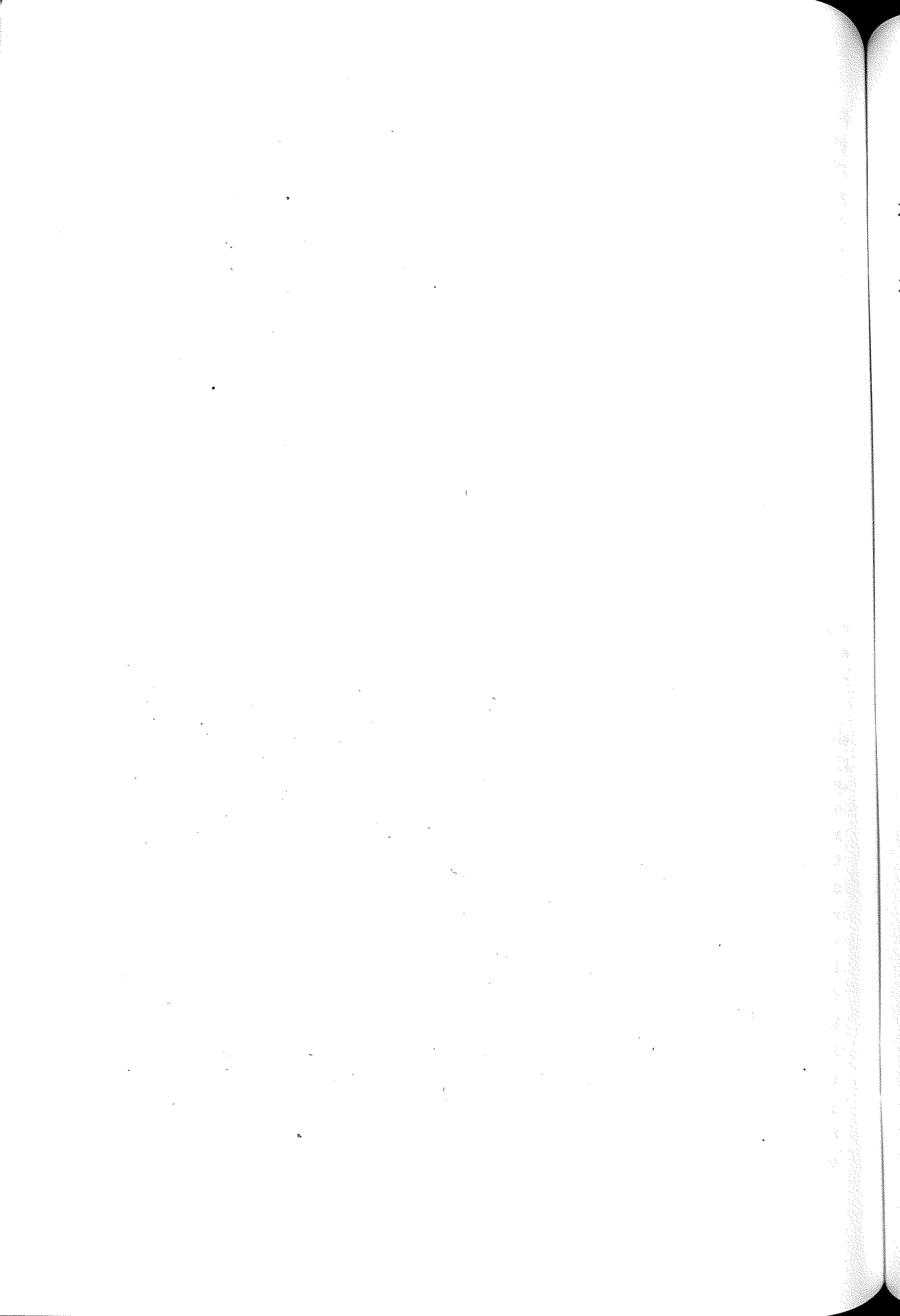
Slika 3.

Jedan stanoviti element programiran uslijed svojih dimenzija pojavljuje se na ekranu, mi ga sad možemo po želji povećati ili smanjiti, ili višekratno u raznim položajima dati prikazati, a uz to još nešto narisati ili izbrisati, no tako da se svaki prikaz dađe zapamtiti i proizvoljno puta ponoviti ili dalje varirati ili kombinirati sa predhodnim ili slijedećim elementima.

Ovaj vrlo kratak pregled nek posluži kao što sam rekao samo za ilustraciju što se sve može danas u

konstrukcionim biroima automatizirati sa čisto projektantske i konstruktorske strane. No jedno ne smijemo zaboraviti da je početak i svršetak ipak čovjek, njegov um i njegova dovitljivost i da će i naj-savršeniji automat onog časa ostati mrtav kad nema čovjeka koji će ga znati programirati, poslužiti i u danom slučaju popraviti! A za to treba veliko znanje. Istina automat će biti produktivniji i tačniji za sve rutinske poslove, on neće više tražiti manualnih radnika, ali zato za sobom jednu veliku količinu stručnjaka kojih još nemamo. Prema tome nije samo riješenje u nabavci vrlo skupih automata, već jednako u preorijentaciji i višoj kvaliteti stručnih kadrova. Jedno bez drugoga ne ide i tu se mora vrlo oprezno i odmjereno kročiti za napredkom, da stroj ne zarobi čovjeka, već da čovjek ostane uvijek njegov gospodar komu će ovaj dobro i pouzdano služiti.

Dakle možemo zaključiti samo odmjerena i uskladjena teorija s praksom i podesan stepen automatizacije uz stručan rad i zalaganje dovest će nas razumnim koracima bez riskantnih skokova do našem stanju razvoja odgovarajućeg optimalnog blagostanja!



B. Bendelja, A. Perić x)

REZULTATI ISTRAŽIVANJA ISKORIŠĆENJA ALATNIH MAŠINA ZA OBRADU REZANJEM
(veza referat AM 9) xx)

1. Rezime istraživanja

Istraživanjima su obuhvaćene najviše zastupljene univerzalne mašine u mašinskoj i metaloprerađivačkoj industriji SRBiH. To su strugovi za pojedinačnu i serijsku proizvodnju, jednovretene i viševretene bušilice, univerzalne glodalice, te brusilice za spoljašnju cilindričnu obradu. Osim toga ove mašine obzirom na sadašnju strukturu mašinskog parka u našoj Republici predstavljaju procentualno najveći dio alatnih mašina za obradu rezanjem. Istraživanja su vršena statističkim putem a rezultati su dobijeni na osnovu jednog dovoljno velikog stratifikovanog uzorka.

Prema tome, nivo eksploatacije proučavanih mašina može se dovoljno tačno uzeti za ocjenu nivoa eksploatacije alatnih mašina za obradu rezanjem u SRBiH.

Ocjena nivoa eksploatacije alatnih mašina za obradu rezanjem u SRBiH, na osnovu ovog istraživanja, definiše se slijedećim vrijednostima:

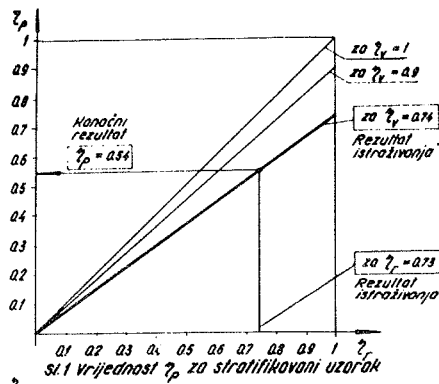
$$\eta_p = 54\% \quad \text{odnosno} \quad \eta'_p = 42\%$$

pri 95% vjerovatnoći i relativnoj greški od 13% te dopunskim vrijednostima

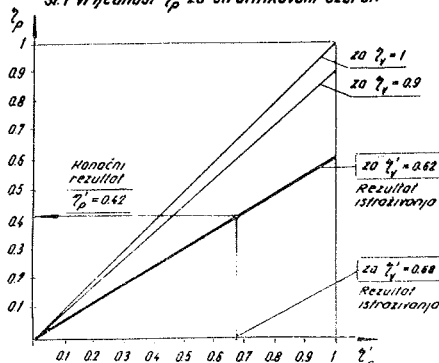
K_g	= 34%	, pri 95% vjerovatnoći i relativnoj greški od	3%
K_r	= 42%	, " 95% " " " " "	10%
K_A	= 42%	, " 95% " " " " "	12%
K_p	= 28%	, " 95% " " " " "	12%
K_d	= 7%	, " 95% " " " " "	3%

x) Prof. Božo Bendelja, dipl.ing., direktor Zavoda za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo; Doc. Aristid Perić, dipl. ing., saradnik Zavoda

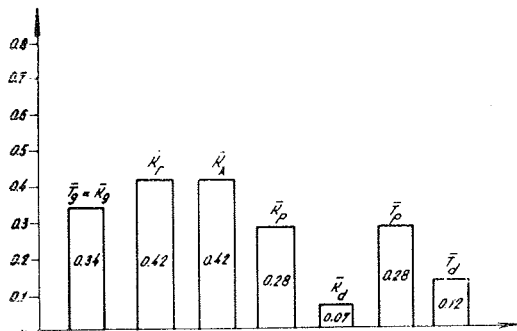
xx) Koreferat iz Zavoda za alatne mašine, alate i mjernu tehniku, Sarajevo



sl. 1 Vrijednost z_p za stratifikovani uzorak



sl. 2 Vrijednost z_p za stratifikovani uzorak



sl. 3 Vrijednosti pratećih parametara za stratifikovani uzorak

Vrijednosti svih pokazatelja dobijene su sa dovoljnom statističkom tačnošću, te je na osnovu njih moguće dati određene konstatacije i zaključak.

2. Zaključak

Na osnovu rezultata izvršenih istraživanja nivoa eksploatacije alatnih mašina za obradu rezanjem u SRBiH, moguće je konstatovati sledeće:

1. Niska vrijednost $\eta_p = 0,54$ i $\eta'_p = 0,42$ uslovljena je nedovoljnim vremenskim iskorišćenjem mašina $\eta_v = 0,74 < 0,9$ odnosno $\eta'_v = 0,62 < 0,9$ i nedovoljnim režimskim iskorišćenjem mašina $\eta_r = 0,73 < 1$, tj. $\eta'_r = 0,68 < 1$.
2. Vremensko iskorišćenje mašina može se prosječno povećati za cca 16% ($\eta_{vmax} - \eta_v = 0,9 - 0,74 = 0,16$ ili 16%), a time se povećava i opterećenje mašine obradom, kroz smanjenje nepotrebnih gubitaka vremena uz uslov boljeg planiranja i pripreme proizvodnje, zasnovanog na višem nivou informisanja, tj. na informacijama dobijenim na naučnom nivou koje trebaju biti dostupne svim radnicima.
3. Režimsko iskorišćenje mašine može se prosječno povećati za cca 27% ($\eta_{rmax} - \eta_r = 1 - 0,73 = 0,27$ ili 27%) jedino optimalizacijom procesa obrade rezanjem primjenom matematičkih metoda i digitalnih računara. Na taj način će se postići optimalni uslovi procesa rezanja sa $\eta_r = 1$ i $K_r = 1$, što će doprinijeti i poboljšanju koeficijenta iskorišćenja alata K_A i snage mašina K_p . Radnici i tehnolozi na osnovu dosadašnjih, mahom iskustvenih, informacija nisu mogli postići optimalizaciju procesa obrade rezanjem.
4. Postojeći mašinski park univerzalnih mašina obzirom na proizvodnju na kojoj je angažovan ne pruža mogućnost boljeg korišćenja dimenzija mašina. To je uslovljeno ranijim programima razvoja koji su se bazirali na univerzalnoj opremi i nižoj tehnološkoj osnovi, bilo iz objektivnih ili subjektivnih razloga. Stoga dobijeni pokazatelj $K_d \approx 7\%$ treba ubuduće da služi kao upozorenje kod nabavke novih mašina.

Na osnovu izloženih konstatacija koje proizlaze iz velikog broja rezultata istraživanja može se dati slijedeći zaključak:

"Postoje realne mogućnosti za povećanje nivoa eksploatacije alatnih mašina za obradu rezanjem; procjenjenje preko stepena proizvodnog iskorišćenja mašine η_p one prosječno iznose 36% ($\eta_{pmax} - \eta_p = 0,9 - 0,54 = 0,36$ ili 36%), a moguće ih je većim dijelom iskoristiti jedino uz uslov korišćenja proizvodnih informacija dobijenih na najvišem naučnom nivou i uz primjenu teorije rezanja, matematičkih metoda i elektronskih računara".

G. Sečak, B. Skalicki x)

FREKVENCIJSKA PROMJENA BRZINE VRTNJE KAVEZNOG ASINHRONOG MOTORA I
NJENA REGULACIJA xx)

Mogućnost kompleksnog rješenja i primjena

1. Uvod

U pogonima koji zahtjevaju kontinuiranu regulaciju brzine vrtnje najčešće se upotrebljava istosmjerni motor, iako izmjenični, a naročito kavezni asinhroni motor ima bolje eksploatacione karakteristike (specifična težina, jednostavnost spoja, montaže i održavanja, te cijena). Kavezni asinhroni motor priključen na mrežu konstantnog napona i frekvencije ima nedostatak što se može praktički koristiti samo kao motor konstantne brzine, budući da ekonomično radi samo u blizini sinhronizma. Osim toga kod pokretanja pod tim uvjetima, motor uzima veliku struju, a razvija mali potezni moment.

Navedeni nedostaci mogu se otkloniti, ako se asinhroni motor priključi na izvor napona promijenljive amplitude i frekvencije. Pronalazak tiristora (1958.god.) omogućio je vrlo nagli razvoj takvih izvora koji se najčešće nazivaju statički pretvarači frekvencije.

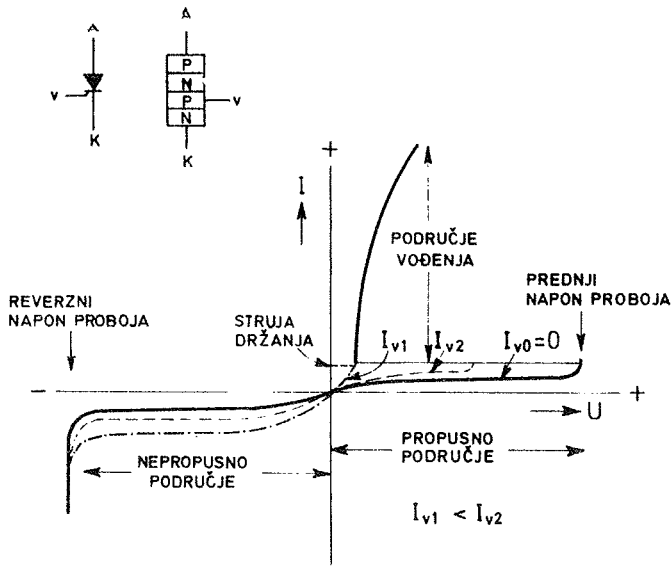
2. Statički pretvarač frekvencije

Kontrolirani silicijski ispravljač - tiristor - je u stvari dvostabilni prekidač s posebnim svojstvima. Simbol, struktura i tipična karakteristika tiristora prikazani su na slici 1.

x) Gabrijel Sečak, dipl.inž. elektrotehnike, asistent Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Zagreb, Djure Salaja 1

Božo Skalicki, dipl.inž. elektrotehnike, asistent Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Zagreb, Djure Salaja 1

xx) Kratki izvod iz magistarskih radova autora



S1. 1. Naponsko-strujna karakteristika tiristora

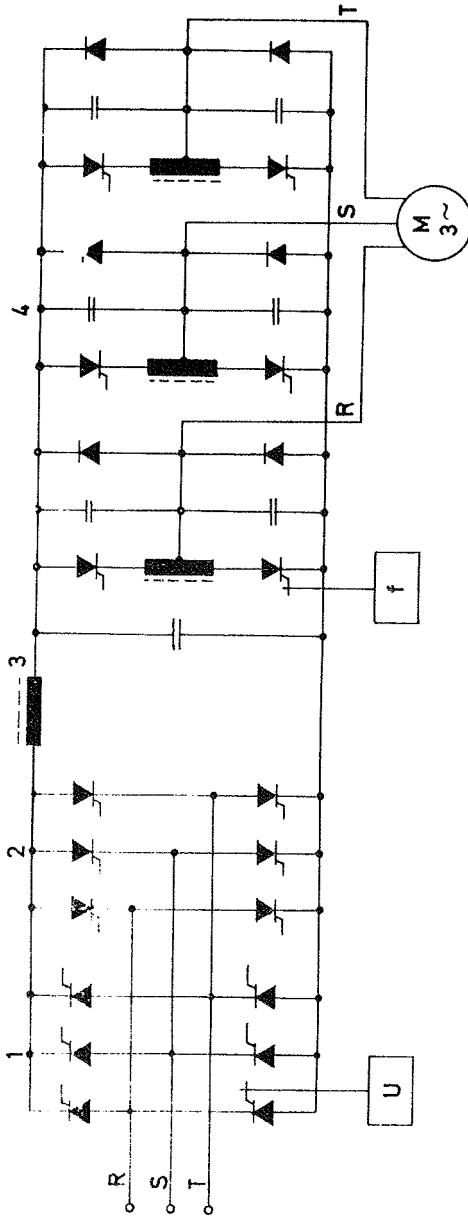
A - anoda v - vrata (kontrolna elektroda)
K - katoda I_{v0} , I_{v1} , I_{v2} - struje vrata

U propusnom i nepropusnom smjeru tiristor blokira visoki napon pri čemu je struja kroz tiristor neznatna. Primjenom pozitivnog impulsa na vrata (kontrolnu elektrodu), snizuje se prednji napon proboja, tako da se tiristor može "upaliti" i kod niskih vrijednosti pozitivnog napona na anodi. Nakon paljenja struja kroz tiristor naglo raste na iznos određen elementima vanjskog kruga, a pad napona na tiristoru je malen (1-3 V).

Stanje vodjenja može se prekinuti ako struja kroz tiristor padne ispod minimalne vrijednosti nazvane "struja držanja", što se postiže primjenom negativnog napona na anodi (prisilna komutacija).

Uz ostala dobra svojstva, vrlo mali gubici, gotovo neograničen vijek trajanja, kratko vrijeme paljenja (1-5 μ s) i gašenja (10 - 20 μ s) te postojeane karakteristike opravdavaju upotrebu tiristora kao glavnog elementa statičkog pretvarača frekvencije.

Električna shema statičkog pretvarača frekvencije za pogon asinhronog motora prikazana je na slici 2. Pretvarač se sastoji od tri glavna dijela: ispravljača, istosmjernog medjokruga i izmjenjivača.



Sl. 2. Statički pretvarač frekvencije

- 1 - ispravljač
- 2 - izmjenjivač za regenerativni rad
- 3 - istosmjerni međjukurug
- 4 - izmjenjivač sa elementima za komutaciju
- U - impulsni uredjaj za kontrolu napona
- f - impulsni uredjaj za kontrolu frekvencije

Trofazni kontrolirani ispravljač u mosnom spoju treba biti tako dimenzioniran da daje istosmjerne napone i struje koje su određene traženom brzinom i opterećenjem motora. Istosmjerni medjukrug smanjuje valovitost ispravljenog napona tako da motor ne dobije dodatne više harmonike koji štetno djeluju na njegov rad kao i na pravilnost komutacije tiristora izmjenjivača.

Serijski izmjenjivač u trofaznom mosnom spoju ima u svakoj fazi po dva tiristora koji preko medjukruga priključuju krajeve statorskog namota na izlazne stezaljke izmjenjivača. U vremenskom periodu T tri namotaja statora dobivaju potencijale pravokutnog oblika koji su međusobno pomaknuti za trećinu periode ($T/3$). Vremenskim intervalom T određena je izlazna frekvencija izmjenjivača. Za prisilnu komutaciju tiristora izmjenjivača koriste se kondenzatori, diode i prigušnice sa srednjim izvodom.

U pogonu promijenljive brzine dolazi do regenerativnog rada kada treba usporavati motor. Ukupna korisnost pogona može se povećati, ako se kinetička energija motora i inercija tereta vraća natrag u gradsku mrežu. Dok izmjenjivač prima bez poteškoća struju suprotnog smjera, ispravljač ne može prihvatiti tu struju, pa je potreban dodatni trofazni izmjenjivač. Kod manjih pogonskih jedinica može se za regenerativni rad umjesto dodatnog izmjenjivača koristiti serijski spoj tiristora i otpora.

Moguće su alternativne izvedbe statičkog pretvarača frekvencije obzirom na način komutacije tiristora izmjenjivača. Za pogon asinhronog motora takodje je moguće koristiti pretvarač s nekontroliranim ispravljačem, dakle s konstantnom veličinom istosmjernog napona. Takvim pretvaračem dobije se promijenljivi napon i frekvencija unutar samog izmjenjivača npr. s višestrukom kontrolom širine izlaznih impulsa.

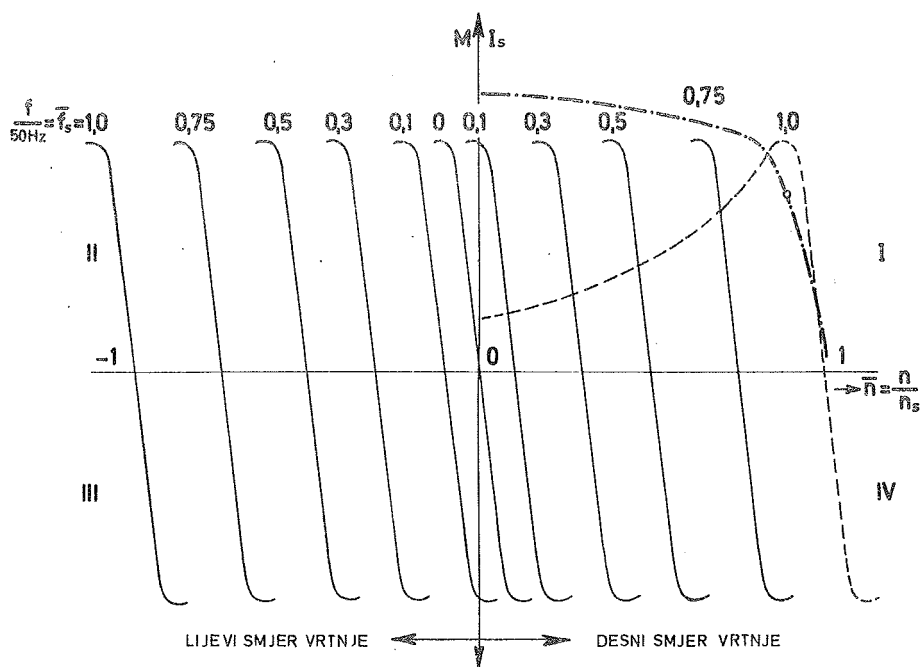
Uz navedene prednosti asinhronog motora i tiristora potrebno je istaknuti dobra svojstva tiristorskog pretvarača frekvencije koji ne zahtijeva brižno održavanje i praktički se ne troši, jer nema pokretnih dijelova; promjena frekvencije je potpuno nezavisna od opterećenja; stepen iskorištenja mu je mnogo bolji nego kod ostalih vrsta pretvarača (oko 98%); zauzima mali prostor i ne zahtijeva specijalno postojanje; slobodan je od trešnje i ne prouzrokuje šumove. Za normalan rad pretvarača potrebno je osigurati hlađenje dioda i tiristora prirodnim ili umjetnim načinom.

3. Karakteristike motora

Mogućnošću regulacije brzine vrtnje asinhronog motora priključenog na statički pretvarač frekvencije javljaju se novi problemi kod proučavanja rada motora i određivanja njegovih karakteristika. Osim statičkih karakteristika motora, potrebno je poznavati karakteristike prelaznog stanja kao i utjecaj nesinusoidnog napona i struja na rad motora.

Statičke karakteristike motora su veza između razvijenog okretnog momenta M i kutne brzine rotora ω_r za razne parametre frekvencije f_s i napona U_s . Da se dobiju optimalne karakteristike potrebno je održavati konstantni magnetski tok motora pomoću odgovarajućeg odnosa napona i frekvencije.

Na slici 3 prikazane su za razne frekvencije izvora izračunane momen-



Sl. 3. Momentne karakteristike asinhronog stroja za četverokvadratni pogon uz konstantni magnetski tok

I i III kvadrant - motorsko područje

II i IV kvadrant - generatorsko područje

— Stabilni dio momentne karakteristike za razne frekvencije napajanja

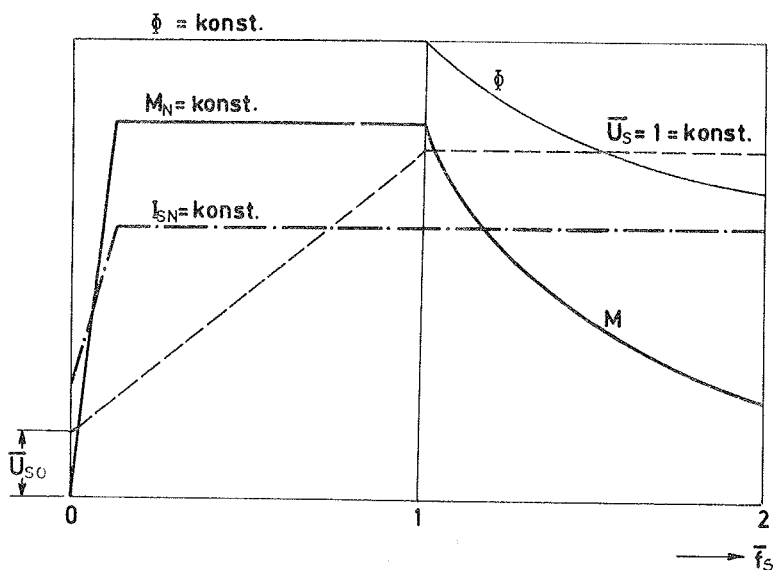
----- Momentna karakteristika za frekvenciju napajanja $\bar{f}_s = 1$ (50 Hz)

- . - Karakteristika struje pokretanja kod frekvencije napajanja $\bar{f}_s = 1$ (50 Hz)

tne karakteristike asinhronog stroja uz konstantni magnetski tok. Takodjer je ucrtana izracunana vrijednost struje motora kod priključka na mrežu konstantnog napona i frekvencije. Iz karakteristika je vidljivo, da je moguće postići konstantni okretni moment u čitavom području promjene brzine, a područje rada motora je na stabilnom dijelu momentne karakteristike.

Usporedbom poteznog momenta motora kod frekvencije izvora $\bar{f}_s = 1$ (50 Hz) i $\bar{f}_s = 0,1$ (5 Hz) vidimo da je potezni moment u drugom slučaju oko 5 puta veći, a potezna struja za približno 25% manja.

U području iznad nazivnih brzina, održava se zbog opasnosti proboja izolacije namota motora ili elemenata pretvarača konstantan napon izvora, a momentna karakteristika tada izgleda kao kod istosmjernog motora u području regulacije poljem (slika 4).



Sl. 4. Statičke karakteristike asinhronog motora kod frekvencijske promjene brzine i vrtnje
Ovisnost napona i frekvencije određena je jednadžbom:

$$\bar{U}_s = \bar{f}_s(1 - \bar{U}_{s0}) + \bar{U}_{s0}$$

gdje je:

\bar{U}_s - normalni statorski napon ($\bar{U}_s = \frac{U_s}{U_{sN}}$)

\bar{f}_s - normirana statorska frekvencija ($\bar{f}_s = \frac{f_s}{50\text{Hz}}$)

\bar{U}_{s0} - normirani statorski napon kod frekvencije $\bar{f}_s = 0$ i uzima se 0,05 do 0,15 ovisno o veličini

U području manjih brzina potrebno je u trajnom radu ili smanjiti opterećenje ili dodatno hladiti motor, kao i kod istosmjernih motora pri niskim i najnižim okretajima.

Budući da statički pretvarači frekvencije daju napone sa dodatnim sadržajem viših harmoničkih članova, koji se s obzirom na promijenljivu frekvenciju ne mogu odstraniti filterima, bilo je potrebno istražiti njihov utjecaj na rad motora.

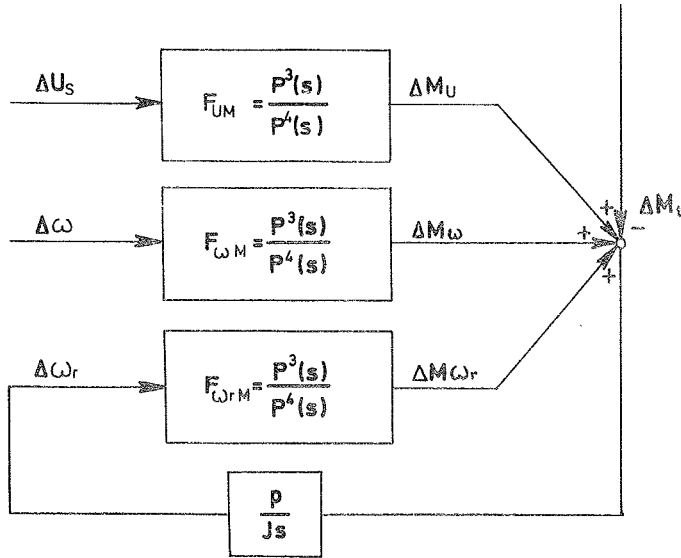
Proračuni i ispitivanja pokazali su da je kod malih i srednjih motora utjecaj viših harmonika napona i struje iznenadjujuće mali. Kočni okretni moment suprotno rotirajućih okretnih polja 5. i 11. harmonika je neznatan.

Momenti njihanja prouzrokovani strujama 5. i 7. harmonika, koji titraju šesterostrukom frekvencijom izvora, imaju srednju vrijednost nula i ne utiču na veličinu okretnog momenta. Dodatni gubici nastali zbog viših harmonika napona i struje nastaju zbog potiskivanja struje (skin efekt), pojave histereze i vrtložnih struja. Analize su pokazale da se zbog dodatnih gubitaka samo neznatno smanjuje korisnost motora (oko 1 %).

Dinamičke karakteristike trofaznog asinhronog motora napajanog iz izvora promijenljive frekvencije mogu se odrediti primjenom generalne teorije električnih strojeva. Na taj način moguće je svaki višefazni stroj transformirati na dvofazni čime se dobije za njegovo potpuno rješenje 5 diferencijalnih jednažbi - 4 za napon i 1 za moment. Dobiveni sistem jednažbi je nelinearan i teško riješiv pa je potrebno jednažbe linearizirati. Linearizacija jednažbi može se izvršiti tako da se u okolini ravnotežnog položaja nelinearni sistem zamijeni linearnim, tj. da se istraži ponašanje motora za male promjene Δ od stacionarne pogonske tačke. Na taj način mogu se odrediti prijenosne funkcije motora. Linearizirani blok dijagram trofaznog asinhronog motora prikazan je na slici 5. Male promjene napona i frekvencije izazivaju promjenu brzine vrtnje i okretnog momenta. Analizom je dobiveno, da su prijenosne funkcije kvocijenti polinoma trećeg reda i polinoma četvrtog reda od s (gdje je s diferencijalni operator d/dt), kao što je to označeno u slici 5. U kontroli brzine vrtnje interesira nas koliko je promjena brzine vrtnje ω_p kod istovremene promjene napona i frekvencije. Analiza je pokazala da je ta prijenosna funkcija petog reda.

I analitičke i grafičke metode primijenjene na prijenosne funkcije mo-

tora i provjera stabilnosti načelno izvršena od nekih autora pomoću analognog modela, pokazuju stabilan rad kaveznog asinhronog motora kod napajanja iz izvora napona promijenljive amplitude i frekvencije.



Sl. 5. Linearizirani blok dijagram asinhronog motora

ΔU_s - promjena napona

$\Delta \omega$ - promjena frekvencije

$\Delta \omega_r$ - promjena brzine

ΔM_U - promjena momenta zbog promjene napona

ΔM_ω - promjena momenta zbog promjene frekvencije

ΔM_{ω_r} - promjena momenta zbog promjene brzine

ΔM_t - promjena momenta opterećenja

p - broj pari polova

J - moment inercije rotora

s - diferencijalni operator $\frac{d}{dt}$

$P^n(s)$ - polinom n-tog stepena u s

4. Sistem za frekvencijsku regulaciju brzine vrtnje kaveznog asinhronog motora

U mnogo slučajeva potrebno je ne samo mijenjati brzinu vrtnje motora, nego ju je potrebno tačno regulirati prema unaprijed zadanom programu.

Moguće je s kaveznim asinhronim motorom i statičkim pretvaračem frekvencije realizirati sistem za regulaciju brzine vrtnje motora od nule do nazivne brzine (ili dvostruke nazivne brzine) s minimalnom griješkom stabilnog stanja i povoljnim karakteristikama prelaznog stanja. Rad motora je u stabilnom dijelu momentne karakteristike, tj. između sinhronne brzine vrtnje i prekretnog klizanja gdje je struja motora relativno mala, a faktor snage i stepen iskorištenja povoljni. Također je moguće mijenjati smjer vrtnje motora i kočiti ga u generatorskom području, što je naročito važno za alatne strojeve. Analize dobivene na temelju pojednostavljenog modela asinhronog motora dale su kriterije za izbor povoljnih regulatora u pogledu minimalne griješke i veličina vremenskih konstanti.

Na slici 6 prikazana je blok shema uređaja za regulaciju brzine vrtnje kaveznog asinhronog motora. Crtkano uokvireni dio na slici 6 predstavlja statički pretvarač koji ispunjava naprijed navedene zahtjeve motora.

O veličini signala dobivenog iz regulatora struje ovisi veličina istosmjernog napona, a o ovome amplituda izlaznog izmjeničnog napona i njegova frekvencija. U impulsnom uređaju postavlja se pomoću potenciometra željeni početni napon \bar{U}_{SO} prema jednadžbi sa slike 4. To osigurava da ostaje frekvencija u odredjenom odnosu s izlaznim naponom zbog čega je magnetski tok motora približno konstantan.

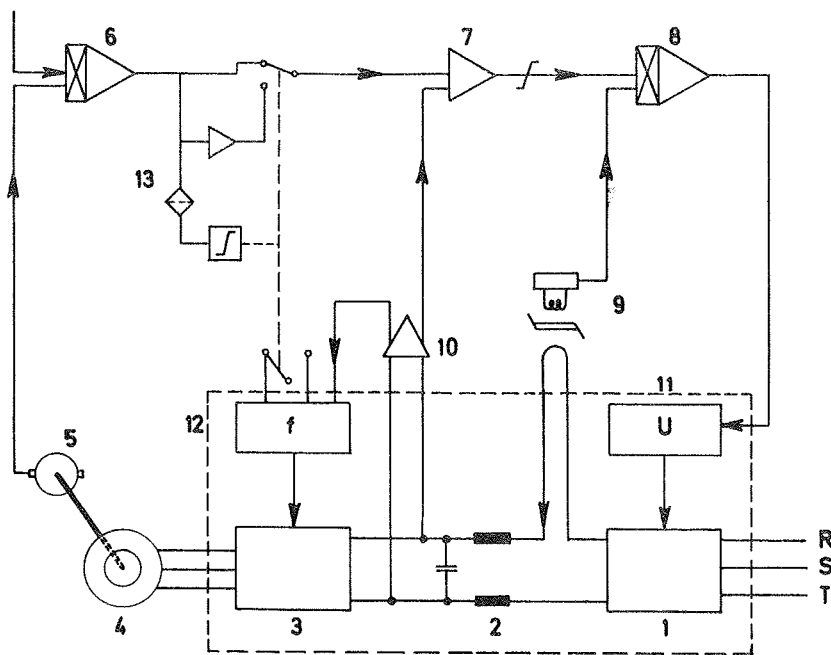
Promjenom redoslijeda paljenja tiristora izmjenjivača mijenja se slijed faza, a time i smjer vrtnje motora. Da ne bi pri tome nastupila velika strujna preopterećenja reverziranja se izvodi kod malih iznosa napona i frekvencije.

5. Ekonomska analiza pretvaračkog pogona

Za razne vrste pretvaračkih pogona prikazani su u tabeli 1 približni troškovi za pojedine elemente. U tabeli je također prikazan potrebn broj tiristora i dioda.

Cijene tiristora i dioda znatno variraju ovisno o proizvođaču. Prema dobivenim podacima određena je specifična cijena tiristora. Tiristori veće snage (za motore 100 kW) imaju specifičnu cijenu od približno 10 ND/kVA, a tiristori manje snage (za motore 10 kW) oko 20 ND/kVA. Cijena dioda iznose oko četvrtinu cijene tiristora. Cijena impulsnih uređaja također znatno varira ovisno o proizvođaču, ali je praktički neovisna o snazi tiristora. Cijene impulsnih uređaja uvezenih iz inozemstva su znatno povoljnije od cijena koje se za sada mogu kod nas postići. Impulсни uređaj za grupu od 6 tiristora u ispravljačkom dijelu pretvarača može se procijeniti s približno 10.000 ND, a impulсни uređaj za izmjenjivač promjenljive frekvencije za 20.000 ND.

Cijena elemenata krugova za prisilnu komutaciju varira ovisno o snazi tiristora. Na temelju potrebnih elemenata takvog kruga procijenjeni su troškovi kao što su prikazani u tabeli 1.



Sl.6. Blok shema uređaja za frekvencijsku regulaciju brzine asinhronog motora

- | | |
|---|--|
| 1 - tiristorski trofazni ispravljač sa izmjenjivačem za regenerativni rad | 8 - regulator struje |
| 2 - istosmjerni medjukurug | 9 - istosmjerni strujni transformator |
| 3 - tiristorski izmjenjivač | 10 - diferencijalno pojačalo |
| 4 - trofazni asinhroni motor | 11 - impulсни uređaj za kontrolu napona |
| 5 - tahogenerator | 12 - impulсни uređaj za kontrolu frekvencije |
| 6 - regulator brzine vrtnje | 13 - sklop za reverziranje |
| 166 7 - regulator napona | |

Tabela 1

PRIBLIŽNA CIJENA ELEMENATA ELEKTROMOTORNIH POGONA										
Vrsta elek- tromotornog pogona	Broj		Snaga kW	T R O Š K O V I ZA					Motor	UKUPNO
	Tiri- stora	Dioda		Tiristore	Diode	Impulsne uređaje	Krugove za komutaciju			
* bez vraća- nja ener- gije u mrežu	6	0	10	-	2.160.-	-	10.000.-	-	5.800.-	18.960.-
			100	-	10.800.-	-	10.000.-	-	37.500.-	58.300.-
s vraća- njem ener- gije u mrežu	12	0	10	-	4.300.-	-	20.000.-	-	6.300.-	31.120.-
			100	-	21.600.-	-	20.000.-	-	37.500.-	79.100.-
* bez vraća- nja ener- gije u mrežu	12	6	10	-	4.320.-	540.-	30.000.-	6.000.-	1.700.-	42.560.-
			100	-	21.000.-	2.700.-	30.000.-	20.000.-	8.900.-	83.200.-
s vraća- njem ener- gije u mrežu	18	6	10	-	6.520.-	540.-	40.000.-	6.000.-	1.700.-	54.760.-
			100	-	32.400.-	2.700.-	40.000.-	20.000.-	8.900.-	104.000.-
LEONARDOV SLOG (samo strojevi)			10	-	-	-	-	-	-	17.000.-
			100	-	-	-	-	-	-	93.000.-

6. Zaključak

Sistem za frekvencijsku promjenu i regulaciju brzine vrtnje kaveznog asinhronog motora veoma je složen. Brojni tehnički problemi koji se pri tome pojavljuju uglavnom su rješivi.

Dobivene karakteristike brzine vrtnje i momenta za stacionarna i prelazna stanja su zadovoljavajuće, pa u tom pogledu može kavezni asinhroni motor potpuno zamijeniti istosmjerni.

Troškovi održavanja, pouzdanost rada i stepen iskorištenja čitavog tiristorskog pretvaračkog pogona s kavezim asinhronim motorom znatno su povoljniji nego kod bilo koje druge vrste elektromotornog pogona promijenljive brzine..

Može se sa sigurnošću očekivati da će se u skoroj budućnosti, daljnjim razvojem tiristora, pogotovo u pogledu mogućnosti prekidanja struje bez krugova za prisilnu komutaciju, kao i savršenijom tehnologijom izrade, smanjiti cijene elemenata statičkog pretvarača frekvencije i time otkloniti jedna zapreka njihove šire primjene u pogonima promijenljive brzine. Tada će doći naročito do izražaja dobre karakteristike tiristorskog pretvaračkog pogona u primjeni kod pogona i upravljanja savremenih i visokoautomatiziranih alatnih strojeva.

7. Literatura

- [1] Silicon Controlled Rectifier Manual, 4th Ed., General Electric, New York (1967)
- [2] King, K.G., Variable Frequency Thyristor Invertors for Induction Motor Speed Control Direct Current, February (1965) str. 26-35
- [3] Telliloglu M., La régulation et l'asservissement des vitesses de moteurs asynchrones par un convertisseur triphasé à thyristors Revue générale de l'électricité, Octobre (1965) str. 791-800
- [4] Schönung A., Stemmler H., Geregelter Drehstrom-Umkehrantrieb mit gesteuertem Umrichter nach dem Unterschwingungsverfahren, BBC-Nachrichten, Dec. (1964) str. 699-721
- [5] Farkaš R., Eksperimentalni sistem za regulaciju brzine asinhronog motora, Zbornik radova JUREMA (1968) str. 287-293
- [6] K. Heumann, K.G. Jordan, Einfluss von Spannungs- und Stromober-schwingungen auf den Betrieb von Asynchronmaschinen, AEG Mit-teilungen, Heft 1/2 (1964) S. 117-122

R. Jelatancev x)

PUŽUĆI HOD ASINHRONOG MOTORA PRIMJENJEN ZA POZICIONIRANJE NA ALATNOM STROJU xx)

Ovaj koreferat napisan je na potstrek referata br. AU. 8. Cilj mi je bio da na osnovu pristupačne mi literature i vlastitog gledanja na pužuci hod asinhronog motora, proširim kut gledanja na materiju koju je izložio autor pomenutog referata i da ga na taj način upotpunim.

Tačno zauzimanje pozicije gibljivih dijelova stroja pokretanih asinhronim motorom najčešće se ostvaruje upotrebom pužućeg hoda, koji se uključi prije zauzimanja tačne pozicije. Naime, razmatranjem faktora koji utiču na tačnost zauzimanja pozicije, dolazi se do zaključka, da je brzina faktor koji jako utiče, a na koji se relativno jednostavno može djelovati da se postignu željeni rezultati. Pod pužućim hodom podrazumjeva se gibanje čija brzina u odnosu na radni hod predstavlja svega nekoliko (do najviše 10) procenata. Ostvarenje pužućeg hoda moguće je mehaničkim sredstvima (reduktor) ili električnim. Ova druga koristi se češće zbog veće jednostavnosti i niže cijene. Sam pužuci hod može se koristiti kod tačnog zaustavljanja (češći slučaj) ili zato da se postigne tačnost pozicije u kojoj će se izvršiti promjene stanja gibanja stroja (napr.: promjena pravca gibanja).

Ostvarenje pužućeg hoda sa asinhronim motorom može se postići:

- impulsnim ukapčanjem motora
- kaskadnim spojem asinhronih klizno-kolutnih motora
- primjenom istovremenog napajanja sa istosmjernom i izmjeničnom strujom.

Za potrebe alatnih strojeva danas se koristi iz praktičnih razloga samo posljednji način. U osnovi ovog načina je ideja algebarskog zbra-

x) Rastislav Jelatancev, dipl.ing., saradnik Instituta za alatne strojeve, Zagreb, Djure Salaja 1

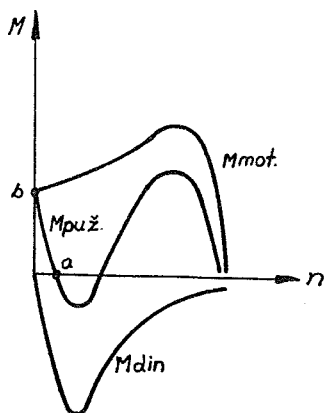
xx) Koreferat iz Instituta za alatne strojeve Zagreb, uz referat AU-8. Tekst sadrži izmene i dopune koreferenta unete nakon izlaganja i diskusije

janja mehaničke karakteristike dinamičkog kočenja i prirodne mehaničke karakteristike asinhronog motora.

Sheme koje realiziraju ove ideje našle su, prema navedenoj literaturi, široku primjenu u SSSR-u.

Obzirom da su pogonski motori skoro uvijek napajani direktno iz mreže niskog napona (bez transformatora), te da se zbog univerzalnosti ne pretpostavlja nikakva momentna karakteristika opterećenja, polazi se od prirodne momentne karakteristike asinhronog motora. Iz razloga, koji će se kasnije razjasniti zgodno je, da se prikaže rezultirajući moment pomenutog algebarskog zbrajanja u cijelom području brzina asinhronog motora.

Ovakav prikaz dan je na slici 1. Dio rezultirajuće krivulje (a-b) odgovara momentnoj liniji pužućeg hoda. Međutim, na izgled ove linije bitno utiče veličina istosmjerne struje dinamičkog kočenja; mijenjanjem ove momentna linija pužućeg hoda može sjeći apscisu i prelaziti u područje negativnih momenata, što odgovara stabilnoj pužućoj brzini, a može apscisu tek doticati ili uopće ne izlaziti iz prvog kvadranta, što odgovara nestabilnom režimu tada tj. mogućnosti da se motor zaleti do svoje podsinhronne brzine. Moment ovog režima nije neznan, nego kako se iz slike 1 vidi, seže do veličine poteznog momenta asinhronog motora.



s/ 1

Struje kod rada asinhronog motora u režimu pužućeg hoda su reda veličine struje upuštanja, što izaziva odgovarajuće zagrijavanje motora o kom treba voditi računa. No obzirom da se ovaj režim koristi kratkotrajno i ne odveć često, to zagrijavanje, prema literaturi, redovito ne stvara posebne probleme.

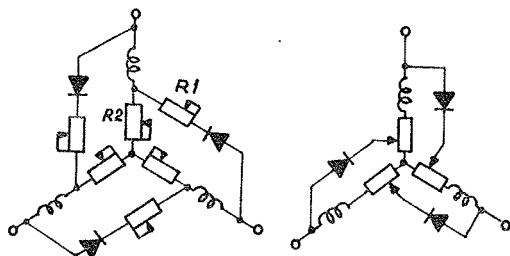
Obzirom na priključak napajanja motora istosmjernom strujom, sheme pužućeg hoda dijele se na nesimetrične i simetrične.

Primjena nesimetričnih shema ima kao posljedicu pojavu vibraciju rotora motora popraćenu jakom bukom, te pojavu impulsa momenta kod isključenja. Stoga se ove sheme ne primjenjuju u prigonu sa zupčanicima i kod zahtjeva za većom tačnošću.

Simetrične sheme koriste se u prvom redu da bi se otklonili nedostaci

nesimetričnih shema. Mogućnosti da se to postigne su brojne. Cilj je da se na namote motora narine pored simetričnog sistema trofaznog napona još i sistem istosmjernih struja jednakih po veličini i po smjeru.

U Odeskoj tvornici alatnih strojeva i Minskoj tvornici transfer linija strojeva, koriste se za tačno zaustavljanje u glavnom sheme kao na slikama 2a i 2b, dok se za male snage preporuča shema koju je predložio autor referata. Prema tome



sl. 2a

sl. 2b

pužuci hod se danas primjenjuje kod pozicioniranja alatnog stroja.

Ove sheme dale su zadovoljavajuće tvrdoće mehaničkih karakteristika. Ako se traže još tvrdje mehaničke karakteristike (napr. za potrebe posmaka koordinatnih stolova) koriste se druge sheme.

U shemi 2a regulacioni otpornici R1 služe za regulaciju istosmjernne komponente, dok otpornici R2 služe za regulaciju izmjenične komponentne struje kroz namot motora. Shema 2a predstavlja osnovnu varijantu, a 2b pojednostavljenu varijantu. Kako pokazuju analize polje kočenja sastoji se od trećeg harmonika m.m.s. namota statora i njegovih višekratnika.

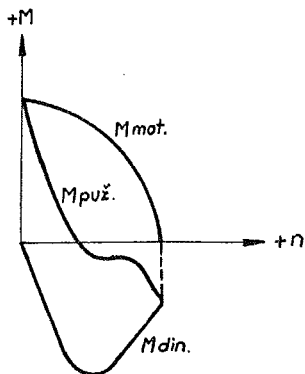
U literaturi se daju i brojne druge simetrične sheme za kratkospojne jedno i dvo-namotne ("dvo-brzinske") asinhronne motore. Sheme se uglavnom daju za spoj Y, ali se napominje mogućnost da se po istom principu sastave i sheme za spoj D, pa i za klizno kolutne motore, gdje se može napajanje istosmjernom strujom sprovesti i preko rotora. U literaturi se daju i uputstva za dimenzioniranje pojedinih elemenata sheme.

Prema slici 1 se vidi da kod normalnog asinhronog motora treba kod prelaska sa normalnog režima rada na pužuci hod prethodno smanjiti brzinu da se izbjegne rad motora po drugoj grani kombinirane karakteristike.

Medjutim, ako se radi o motoru sa povećanim klizanjem ili o klizno-kolutnom asinhronom motoru, uz određene uslove, može se dobiti rezultirajuća karakteristika, koja je kod visokih brzina u cijelosti u drugom kvadrantu (vidi sliku 3). U tom slučaju moguće je neposredno pre-

kapćanje sa normalnog rada na dvostruko napajanje; koćenje nije intenzivno, ali se motor nakon nekog vremena nadje u režimu pužućeg hoda.

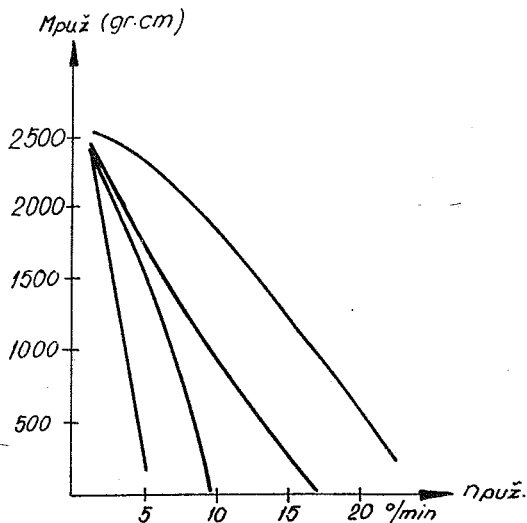
Dobijanje pužućeg hoda asinhronog motora iz njegovog normalnog rada moguće je na dva načina: 1) ako se dozvoljava da smjer pužućeg hoda bide suprotan od smjera rotacije normalnog rada i 2) ako smjer pužućeg hoda mora biti isti kao i smjer normalnog radnog hoda (kod zaustavljanja dolazi u obzir i njihajuće približavanje zadanoj poziciji).



sl. 3

U prvom slučaju motor se reverzira i istovremeno se napaja istosmjernom strujom i kao rezultat se dobije pužuci hod suprotnog smjera od polaznog. U drugom slučaju, ako se radi o normalnom asinhronom motoru, treba motor prethodno prikočiti i tek onda ga priključiti u režim pužućeg hoda. U svrhu realizacije ovih ideja koriste se različite sheme. Mislim, da bi u tu svrhu bilo interesantno ispitati mogućnost korištenja dinamičkog koćenja, a za moment kada treba uključiti i izmjeničnu struju, tj. pužuci hod, da se posluži signalom, kojim se je autor referata poslužio za iskljućenje istosmjerne struje kod kočnice (opisano je u saopštenju na II Savjetovanju).

U literaturi se preporuča korištenje istovremenog simetričnog kondenzatorskog i dinamičkog koćenja.



sl. 4

Na slici 4 prikazane su momentne karakteristike pužućeg hoda snimljene za motor snage 1 kW sa $n_g = 1000$ o/min i $I_n = 2,8$ A po shemi slike 2a uz $R_2 = 5$ oma, te uz R_1 : 1-5 oma; 2-10 oma; 3-15 oma; 4-20 oma.

Za tačno zaustavljanje, nakon što je ostvaren pužuci hod stoje na raspolaganju mogućnosti:

- da se motor samo isključi i sistem prepusti da se sam zaustavi,
- da se nakon iskljućenja motora

- sa pužućeg hoda prekine kinematski lanac motor - radni dio stroja,
- da se poslije isključenja motora isti još koči,
- da se koristi kombinacija zadnjih dvaju mogućnosti,
- da se motor njihajući približi zadanoj tački.

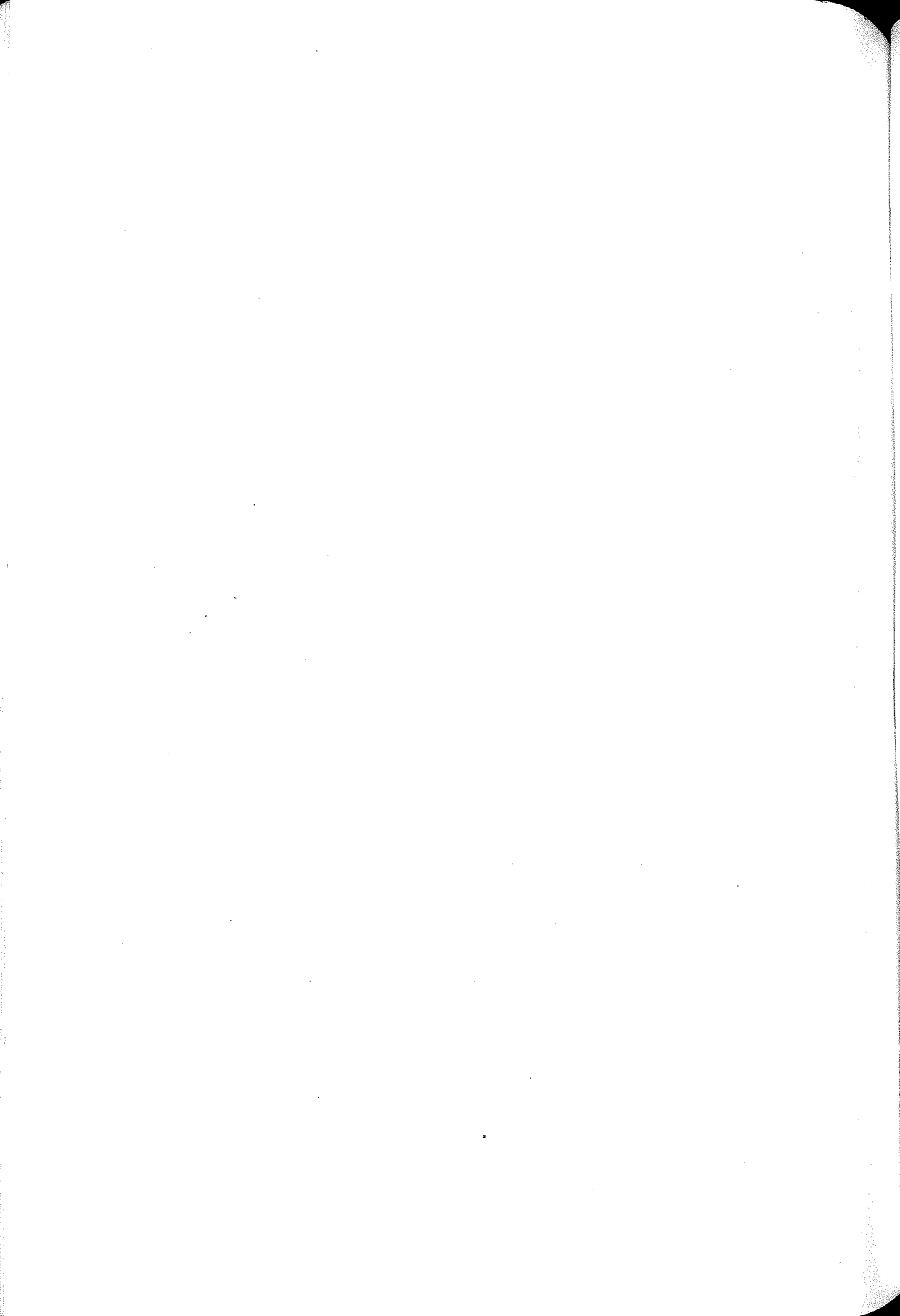
Koja će se mogućnost koristiti ovisi o zahtjevima konkretnog slučaja. Kao davači signala za tačno zaustavljanje koriste se beskontaktni davači, jer obični kontaktni davači ("mikroprekidači") ne zadovoljavaju.

Drugi način tačnog pozicioniranja realizira se raznim čvrstim graničnicima (indeksima i sl.), a to je poznati i kod nas uveden način.

Što se tiče novosti o ovom referatu, zadovoljit ću se već time, što se iz njega vidi, da je moment pužućeg hoda reda veličine poteznog momenta pripadnog motora (tj. da nije neznatan), kao i to da se preko pužućeg hoda asinhronog motora može ostvariti i pozicioniranje bez ikakvih čvrstih graničnika ili indeksa. To su činjenice koje su nove ne samo za našu mašingradnju, već i za skup V Savetovanja, što se vidi iz diskusije. Što više, vjerujem, da će ovaj referat za razliku od nekih drugih biti od neposredne koristi za našu mašingradnju.

Literatura

- [1] Mejstelj A. M., Dinamičeskoje tormoženije^l privodov
- [2] Margotin Š. M., Točnaja ostanovka elektroprivodov



DISKUSIJA SA ZAKLJUČNIM IZLAGANJIMA IZVESTIOCA.

Pored uvodnih referata i koreferata iznetih na V Savetovanju i objavljenih u III knjizi Zbornika, težište rada je predstavljala diskusija. Usmene diskusije se rekapituliraju prema magnetofonskom zapisu, dok se naknadno primljeni pismeni prilozi diskusiji iznose u narednom odeljku.

(a) Alatne mašine

Dr. Dušan V u k e l j a, dipl.ing., Beograd. - Radovi Prof. Stankovića, Prof. Bendelje i Doc. Perića imaju veći broj dodirnih tačaka, pri čemu je rad Prof. Stankovića više namenjen projektovanju, a rad Prof. Bendelje i Doc. Perića eksploatacijskim uslovima. Kod ispitivanja režimske uskladjenosti i iskorišćenja, polazi se od maksimalne proizvodnosti koji daju veće režime. Ja molim profesore da odgovore da li je vršen pokušaj da se izvrši takva analiza s obzirom na minimalne troškove izrade koji, kao što je poznato, sadrže cenu mašine, alata, energije, radne snage i režije? Da li su na ovaj način dobijeni faktori merodavniji za procenu režimske uskladjenosti?

Pitanja za doc. Milačića: interesuje me kod izvodjenja ispitivanja samopobudnih vibracija, da li je tom prilikom praćen intenzitet zatupljenja alata i kakvi su rezultati dobiveni s obzirom na uticaj samopobudnih vibracija na postojanos alata?

Doc. Dr. Vladimir M i l a č i ć, dipl.ing., Beograd. - Moja diskusija se odnosi na rad Ing. M. Nedeljkovića, "Pristup istraživanju uticaja sporih verovatnostnih tarnih procesa na eksploatacijsko stanje alatnih mašina", na strani AM. 10, knjiga I. U uvodnom referatu je data ocena rada, dok ću ja navesti neke primedbe. Ove primedbe se iznose redom, a ne prema njihovoj važnosti.

Prva primedba je u vezi sa str. 10.2., stav koji glasi: "Procesi koji se odigravaju na alatnoj mašini bez obzira da li su ciklični ili aciklični stohastički su procesi". Komentar: "S obzirom, na razvijenu ma-

tematičku teoriju, svi se procesi dele na periodične, aperiodične i slučajne. Prva dva podvode se pod deterministički koncept analize, dok se za slučajne procese koristi verovatnoća i statistika. Ovaj metod je detaljno razradio Viner kao i drugi koji u ovoj oblasti rade. Stohastik je grčka reč i ona je u XVII veku ušla u engleski jezik i sada posle odredjenih transformacija je sinonim za slučajni proces. U enciklopediji za naučnu terminologiju od Mc Graw Hill na 141 strani se kaže da su "stohastički" procesi oni koji se podvode pod pravila teorije verovatnoće. Prema tome zaključak bi bio da klasifikacija cikličnih i acikličnih je neadekvatna, a tvrdnja da su svi procesi stohastički netačna."

Drugo, na str. 10.2. četvrti stav glasi: "Laboratorijska ispitivanja ukazuju da je istrošenost slučajna funkcija za koju je karakteristično rasipanje vrednosti", uz poziv na sliku 1. Slučajne funkcije su precizno definisana klasa funkcija i kao takve nemaju nikakvo rasipanje vrednosti. U skladu s tim slika 1. predstavlja sliku koju daje Tartakovski u "Vesniku Mašinstroenija" 2/66 (to je tamo isto slika 1.) i on kaže "da je svaka od ovih krivih nastala kao srednja vrednost iz nekoliko eksperimenata." Prema tome, jedna kriva predstavlja tačno determinisani proces što znači da nema više slučajni karakter jer je izvršeno osrednjavanje. Skup ovih funkcija predstavlja skup determinisanih funkcija za koje je teorija verovatnoće i statistike neprimenljiva bez drugih dopunskih uslova. Respektujući ovo Tartakovski ne pokazuje nikakav zakon raspodele na svojoj slici. Zašto? Prvo, ako se proces habanja prikaže kao vremenska funkcija može se očekivati da je to slučajna funkcija nestacionarnog procesa. Za slučajni nestacionarni proces ne može da se primeni normalni zakon raspodele, jer ovaj zakon sadrži u sebi uslov stacionarnosti slučajnog procesa. Medjutim, na str. 10.5., poslednji stav, izrazi (5) i (6) tvrde da je verovatnoća raspodele postepenog trošenja usled habanja po karakteru normalna. Drugo, ako se skup ovih slučajnih nestacionarnih funkcija aproksimira determinisanim krivama pa se ispituje kakva je raspodela ovih krivih u odredjenim granicama, onda nema nikakve teorijske ni eksperimentalne osnove da se, apriori, uvodi normalna raspodela, već postoje izrazite eksperimentalne teškoće u utvrđivanju ovog. Po našoj proceni, to su bili osnovni razlozi da Tartakovski u daljem izlaganju napušta ovaj model i ograničava se na analizu promene dimenzija skupa radnih predmeta, tako da kontinualni proces habanja indirektno analizira preko diskretnih merenja na skupu radnih predmeta. Zaključak: mo-

del od koga se polazi nije definisan i zbog toga sadrži u sebi proizvoljnosti.

Na str. 10.3. treći stav odozdo, kaže: "sa osnovnom na dosada izneto očigledan je zaključak da je veličina istrošenosti slučajna veličina verovatnosnog karaktera procesa razaranja tarnih površina te je zavisnost korelacijska". Ova rečenica predstavlja netačno korišćenje pojmovna koji time i ne daju logičku vezu. To se odnosi na kategoriju "slučajna veličina verovatnosnog karaktera". To je pleonazam. Rečeno je u prvoj primedbi da ovakva kombinacija reči nema nikakav smisao. Iz gore navedene rečenice se ne vidi koja je to zavisnost s obzirom na razmatranje u narednom stavu. Medjutim, ako se čita rad Tartakovskog u "Vesniku mašinstroenija", ali sada u broju 2/68. pod naslovom "Korelacione jednačine habanja" (ovaj rad nije naveden kao literatura rada o kome je reč) nalazi se rečenica koja glasi "porast habanja je slučajni proces, zbog toga je zavisnost između habanja i dužine rada radnog predmeta korelacijska". U vezi sa ovim model na slici 2. sa izrazom (2) nije u saglasnosti, jer verovatnoća raspodele nije integral funkcije habanja. Ovde nedostaje treća dimenzija, kako to lepo Tartakovski razmatra. Sigurno da tu postoje i određene eksperimentalne teškoće koje i Tartakovski navodi i kaže, da je za formiranje jedne takve krive potrebno oko 1670 uzoraka, ako se uzme minimalni broj uzoraka od 30 na izlazu.

U radu ima i nekih kombinacija reči koje nisu adekvatne. Navodi se jedan primer na str. 10.4.: "Te se za praksu za korelacijske jednačine mogu primenjivati linearne i nelinearne jednačine, odnosno takve pretpostavljene krive habanja čiji tok i karakter promene najviše odgovara raspodeli eksperimentalnih krivih". Ovde se brkaju dve stvari: eksperimentalne krive i korelacione jednačine. Tartakovski je tu jako obazriv i on kaže "korelacione jednačine se formiraju na taj način što se uzima skup eksperimentalnih rezultata pa onda metodom, recimo, najmanjih kvadrata se vrši iznalaženje takve jedne krive". Prema tome, jedna cela kombinacija reči: korelacione jednačine, nelinearne, linearne, raspodela, eksperimentalne krive, ustvari nije dobro korišćena s obzirom da su pomešane eksperimentalne i korelacione jednačine. Ako se misli na korelacione funkcije one se sasvim drugojačije formiraju.

Na kraju da napomenem da u ovoj oblasti, postoje određeni radovi u našoj literaturi vezani za mašinstvo, a kao primeri se navode: Doc. Todorovića "Primena teorije pouzdanosti u tehnici motornih vozila", Mašinstvo 2/67, gde je dat jedan presek kroz ovu problematiku, i dru-

gi vrlo interesantan rad Ing. Cimpla. koji je saopšten prošle godine u Vrnjačkoj Banji na SKUPS-u pod naslovom "Metoda obrade informacije o pouzdanosti popravljivih tehničkih sistema" gde je praćen njihov proizvod i gde je pokazano da, recimo, Poasonova distribucija je ta koja zadovoljava realne uslove pod kojima je izvršeno ispitivanje i kasnije teorijska verifikacija.

Doc. Branko I v k o v i ć, dipl.ing., Kragujevac. - Ja bih hteo da uputim samo nešto malo kritike na ovo poslednje izlaganje kolege Perića^{x)} koje je vezano za režimski stepen iskorišćenja mašine. Naime, na drugom dijapozitivu je bilo pokazano, da je režimski stepen iskorišćenja alatnih mašina, koje su bile uzete u razmatranje bio negde oko 0,42. Medjutim, taj podatak je, po mom mišljenju, veoma relativan. Naime, kada se kaže da je režimski stepen iskorišćenja jedne alatne mašine recimo toliki, a u ovom slučaju 0,42, onda mora da se kaže i pod kakvim uslovima važi taj režimski stepen iskorišćenja, odnosno koji elementi režima rezanja obezbeđuju režimski stepen iskorišćenja koji bi označili indeksom 1. Jer drugi stepen iskorišćenja pogonske snage koji je prikazan bio je negde svega oko 0,28. To znači, da se kompletne analize koje su radjene u ovom projektu, radjene na bazi režima koji je projektovan i realizovan na puno iskorišćenje alata. Znači, to je ustvari bio ekonomični režim rezanja. Medjutim, ekonomičan režim rezanja nije isti čak ni u svim krajevima naše zemlje, a posebno u raznim regionima, recimo, Zapadne ili Istočne Evrope, jer nivo visine ekonomičnih režima zavisi od nivoa ekonomične postojanosti alata, a još od 1962. godine pa na ovamo objavljeno je veoma mnogo radova i na našem jeziku, koji pokazuju veliku zavisnost ekonomične postojanosti alata od nivoa ličnih dohodaka zaposlenih. Prema tome, ako bi, recimo, neki elementi režima rezanja odgovarali režimskom iskorišćenju sa indeksom 1 u Sloveniji gde su, bar prema statističkim podacima, lični dohodci proizvodnih radnika za sad najveći, onda takav režimski stepen iskorišćenja, odnosno ti elementi režima rezanja koji obezbeđuju režimski stepen iskorišćenja sa indeksom 1, ne mogu biti isti na Kosovu, negde u Peći, u nekoj metalopreradivačkoj organizaciji gde su lični dohodci znatno niži. Mi ćemo sutra, u toku sutrašnjeg dana imati prilike da pokažemo čitav niz krivih koje pokazuju zavisnost elemenata režima rezanja od nivoa ličnih dohodaka, odnosno od proizvodnih uslova pod kojima se obrada vrši. Praviti danas neke ana-

x) Reč je o koreferatu Prof. B. Bendelje i Doc. A. Perića objavljenom na str. 153.

lize na bazi postojanosti koju je još projektovao Prof. Šlezinger pa čak i Tejlor, od na primer za strugarske noževe 60 min. od brzoreznog čelika, 90 min. od tvrdog metala, ili za glodalo 240 min više danas nema smisla. Ilustracije radi, za naša domaća standardna valjkasta glodala koja proizvodi "Jugoalat", Novi Sad, postojanost alata se kreće u prosečnim jugoslovenskim proizvodnim uslovima, da budem malo bliži, u proizvodnim uslovima pod kojima se odvija proizvodnja u Zavodima "C. Zastava", od 30 min. pa do 600 min. u zavisnosti od toga koliko je glodalo, koliko ono košta i koliko se puta oštiri. To pitanje režima rezanja je vrlo komplektno, i o tome će biti sutra govora. Ja bih hteo ovog puta samo da skrenem pažnju na to, da pri definisanju režimskog stepena iskorišćenja o tim polaznim podacima mora veoma mnogo da se vodi računa, jer se inače može doći do veoma pogrešnih i do veoma nerealnih zaključaka. Pitanje je da li je režimski stepen iskorišćenja 0,42 ili je možda 0,8 za proizvodne uslove pod kojima se rezanje obavlja u, na primer, nekom sarajevskom preduzeću u kome je to ispitivanje vršeno.

Prof. Dr. Payle S t a n k o v i ć, dipl.ing., Beograd. - Ja bih prvo hteo da odgovorim kolegi Vukelji koji je postavio pitanje da li su pri ispitivanju eksploatacijskog iskorišćenja, uzeti u obzir i troškovi proizvodnje. Prilikom ispitivanja eksploatacijskog iskorišćenja, pošlo se od zapreminske i površinske proizvodnosti, definisan je optimalni režim zapreminske proizvodnosti, optimalni režim površinske proizvodnosti i na osnovu ovih veličina nadjeni su izrazi za eksploatacijski stepen iskorišćenja kao proizvod proizvodnih stepena dimenzijskog, režimskog i energetskog iskorišćenja. Samim tim što su zapreminska i površinska proizvodnost uzeti kao baza za odredjivanje stepena iskorišćenja i pod odredjenim uslovima tražen optimum, tj. traženi oni uslovi koji dovode do minimalnog glavnog i pomoćnog vremena i u vezi toga do maksimalne površinske proizvodnosti s jedne strane, i do punog iskorišćenja pogonske snage s druge strane, pod odredjenim uslovima uzeti su u obzir i troškovi proizvodnje. Samim tim što je mašina u potpunosti iskorišćena u optimalnom slučaju, i troškovi proizvodnje svedeni su na minimum i u tom smislu su troškovi uzeti u obzir. Što se tiče rada prof. Bendelje i kolege Perića, oni se bave isto tako problemom eksploatacijskog iskorišćenja. Tu ima identičnih definicija i izvesnih odstupanja u odnosu na naše radove. Uopšte posmatrano, mislim, da je glavna razlika u tome što kolege uzimaju u obzir i stepen vremenskog iskorišćenja, tako da je stepen proizvodnog iskoriš-

ćenja proizvod stepena režimskog i stepena vremenskog iskorišćenja. Dimenziono iskorišćenje tretira se pri tome kao faktor koji nije dovoljno precizan, koji se ne može odrediti i zato on ovde ne utiče direktno u ovom proizvodu. Međutim, ja smatram da i dimenzijsko iskorišćenje mašine u velikoj meri može da utiče na proizvodno iskorišćenje jedne mašine. Mi to vidimo u svakodnevnoj praksi, da se radni predmet malih dimenzija obradjuje na mašinama velikih radnih mogućnosti. Što se tiče primedbe da kod većih radnih predmeta koji dizalicom treba da se postave na mašinu, ne može da se direktno uzme u obzir dimenzijsko iskorišćenje, ja bih ovde rekao da ukoliko se javi potreba dizanja kao jedna pomoćna operacija prilikom obrade radnih predmeta velikih dimenzija, taj uticaj, odnosno utrošak vremena treba uzeti u obzir u vidu pomoćnog vremena. Samim tim se pomoćno vreme povećava a površinska proizvodnost smanjuje. Znači dimenzijsko iskorišćenje isto tako može da utiče na proizvodno, odnosno eksploatacijsko iskorišćenje. Tada se vrši upoređivanje jednog radnog predmeta punih dimenzija, odnosno sa punim iskorišćenjem radnih dimenzija mašine, sa 2 radnih predmeta nepotpunog iskorišćenja ali tako da i ukupne površine budu jednake. U ovom drugom slučaju se izvesni vremenski elementi povećavaju u odnosu na prvi slučaj, uglavnom pomoćno vreme, što znači da nije racionalno obradivati veći broj manjih radnih predmeta na jednoj mašini u odnosu na jedan većih dimenzija, jer se tada javljaju vremenski gubici uglavnom u vidu pomoćnog vremena. Što se tiče režimskog iskorišćenja, kod njega se utiče direktno na glavno vreme a preko glavnog vremena na površinsku proizvodnost. Po našem mišljenju, eksploatacijski stepen iskorišćenja, posmatrajući ovde samu mašinu, treba da obuhvati i dimenzijsko, režimsko i energetska iskorišćenje. Što se tiče vremenskog iskorišćenja jedne mašine, ako mi govorimo o vremenu iskorišćenja mi se već udaljujemo od mašine i ulazimo u oblast organizacije, jer vremensko iskorišćenje nije vezano samo za mašinu već i za druge vremenske utroške. Prema tome, smatram da treba odvojiti posebno mašinu i posmatrati puno iskorišćenje mašine, jer ono je važno, s jedne strane za konstruktera koji će da postavlja odgovarajuću koncepciju i s druge strane, za korisnika mašine koji želi da nabavi mašinu koja će moći da ostvari optimum proizvodnosti. Što se tiče vremenskog iskorišćenja to je pitanje organizacije, pitanje kako će mašina biti iskorišćena u onom raspoloživom fondu koji mu stoji na raspoloženju. Inače vremensko iskorišćenje, u vremenskim elementima izraženo, u vidu glavnog i pomoćnog vremena, uzeto je kod nas u obzir već i samim proizvodnim stepenima iskorišćenja i za dimenzijsko i za

režimsko i za energetska iskorišćenje. Pošto je u radu kolega Bendelje i Perića naglašeno da je i čovek uzet u obzir kao faktor, ja mislim da čovek ovde u potpunosti nije uzet u obzir. Ako bi on trebao da se uzme u obzir onda moraju da se uključe i drugi vremenski elementi - organizacijski - gde naročito i priprema proizvodnje zahteva učešće čoveka. Prema tome, ako govorimo o čoveku kao faktoru koji treba da se uključi u proizvodni stepen iskorišćenja, onda mislim da ovaj vremenski stepen iskorišćenja treba da bude još šire shvaćen nego što je to u pomenutom radu učinjeno.

Branko P o p o v i ć, dipl.ing., Beograd. - Želeo bih da postavim dva pitanja Prof. Bendelji i Doc. Periću iz Sarajeva u vezi njihovog referata pod naslovom "Metode merenja iskorišćenja alatnih mašina za obradu rezanjem". U njihovom radu smatram da je dat koristan pristup problemu iskorišćenja mašine putem analize ukupne proizvodnosti mašine. Ovde se definišu stepeni proizvodnog, vremenskog i režimskog iskorišćenja a i faktori opterećenja mašina, iskorišćenje alata, snage, dimenzija mašine i režima. Kod definisanja faktora iskorišćenja režima, preko odnosa snimljenih i dobijenih optimalnih elemenata režima, smatram da je učinjen značajan doprinos. Korišćeni su ovaj put elementi režima dobijeni preko kriterijuma optimalnosti, uz minimum glavnog vremena obrade, metodom linearnog programiranja uz korišćenje elektronske računске mašine. Ovim je ukazano značaj dobijanja optimalnih režima koji se još uvek neopravdano zapostavljaju pa i ignorišu. Međutim, biću slobodan da postavim dva pitanja. (i) Kod izračunavanja faktora iskorišćenja alata, kao odnosa izračunatog i snimljenog pomaka, čini mi se da je uvedeno izvesno ograničenje. Naime, ne može se uzeti da je pomak generalna karakteristika reznih mogućnosti alata. Jer, ako posmatramo proces urezivanja navoja, tada su obe veličine iste odnosno pomak je već unapred propisan. Čini mi se da je proizvodnost ta koja karakteriše rezne mogućnosti, pa time i iskorišćenje alata. (ii) Međutim, i kod ostalih vrsta obrade smatram da dati odnos koeficijenta iskorišćenja alata nije dovoljno strog. Naime, izračunati pomak u imenitelju je definisan obzirom na postojanost alata, dakle, smišljeno se prihvata manji pomak kako bi se iskoristio do kraja period postojanosti. Smatram da ovde takodje treba uzeti optimalan pomak dobijen ranije navedenim postupkom. Hteo bih se, takodje, da se osvrnem i na kritiku referata AM.10, upućenu od strane Doc. Mlačića. Konzekventnost definisanja u pomenutom radu nije potpuna, jer je najveća pažnja posvećena suštini koja je čini se dovoljno obrazložena. Koliko mi je

poznato nije reč o nekom teorijskom doprinosu, već o primeni radova sovjetskog istraživača Pronikova na domaće teme.

Doc. Dr. Milivoje Sekulić, dipl.ing., Beograd. - U vezi sa radom drugova V. Damića i R. Uzunovića "Razvoj elektrohidrauličkog pobudjivača", ima nejasnoća, pa bih želeo da pitam onako kako sam ih ja razumeo i hteo bih da stavim jednu sugestiju. Mislim da sama postavka nije dovoljno jasno rečena, pa bih kazao našta se odnosi moja primedba. U početku se kaže da dinamička ispitivanja zahtevaju primenu pobudjivača, i kaže da se sam pobudjivač, koji se vezuje za mašinu sastoji iz dva nezavisna dela. Iz ovog prvog dela pretpostavljam da je posmatranje pobudjivača u uslovima rada takvo da se smatra da je on vezan za mašinu, i to za tešku mašinsku konstrukciju. Medjutim, na strani 6, kada je reč o izvršnom organu i kada se izvodi njegova jednačina kaže se da je sila na klip ravna masa puta ubrzanje, plus itd., i onda se kaže da pošto je u razmatranom slučaju kvadratni koren odnosa krutosti opruge prema masi veći od 200 Hz, onda se taj odnos može zanemariti. Prema ovome izgleda da je uzeta u obzir masa samog klipa koji je dat na slici 2. Ne mogu, medjutim, da vidim da je uzeta u obzir masa mašine sa kojom ovaj klip zajedno radi. U tom slučaju želim da stavim primedbu, pošto je analogija nepotpuna, jer pobudjivač upravo radi opterećen sa masom teških mašina, i onda se u dinamičkoj jednačini masa ne može zanemariti, pa bi i dijagram koji je dobijen i prenosna funkcija koja je data na slici 5 bila sasvim drugačija. Tu bi se koeficijent pojačanja pojavio drukčiji, kao i analiza oscilacija i analiza granica preko kojih koeficijent pojačanja ne bi trebalo da predje. Prema tome je važno kada se posmatra ovaj uređaj i njegov rad u sklopu sa mašinom da se uzme masa koja se ne bi mogla zanemariti. Smatram da je u ovom radu možda trebalo da taj osvrt bude učinjen.

Milan Nedeljković, dipl.ing., Beograd x). - Ja sam autor saopštenja AM. 10.1.; dajući ovo saopštenje imao sam skromne pretenzije. Ne pretenzije da ulazim u polemičnost definicija nego da na bazi odredjenog istraživačkog iskustva, i u našim uslovima relativno malo, shvatim suštinu događaja i procesa na tarnim površinama i nji-

x) Drug Nedeljković je u toku pripreme za štampu III knjige Zbornika uneo sledeću dopunu: "S obzirom da nisam dobio kompletan tekst primedbi i svoju diskusiju u roku odredjenom od Prof. Šolaje na Savelotovanju, zadržavam pravo da na pogodan način saopštim svoj odgovor."

novim posledicama na radnu sposobnost proizvodnih sredstava u fabrikama s obzirom na stvarne uslove za rad. Imam utisak, da je u kritičkom osvrtu glavnog referenta uočena i pozitivno ocenjena tendencija ovog članka da se, polazeći od habanja kao procesa, to moram da podcrtam, a istrošenosti kao posledice jednog slučajnog procesa, koji je definisan veoma složenim parametrima učini pristup kompleksu regeneracije radnih sposobnosti alatnih mašina za obradu rezanjem.

U samom procesu trenja i habanja učestvuju veoma nezavisni parametri koji sami po sebi u eksploatacijskim uslovima imaju slučajan karakter. Mislim, da je svima poznato da su površinski pritisci na vodjicama rezultat eksploatacijskih uslova i da variraju u vanredno širokim granicama, bez obzira na kakav su dozvoljeni površinski pritisak proračunate. Drugo, brzina translatornog pomeranja nosača alata takodje je argument te funkcije, ali koji po suštini stvari, ne po matematičkim definicijama ima slučajni karakter.

Iz vlastitog iskustva, na bazi eksperimentalnih ispitivanja ja sam konstatovao da je veličina istrošenosti, znači rezultat procesa habanja slučajna veličina čak i pri modelskim ispitivanjima u laboratorijskim uslovima kada su održavani krajnje mogući identični uslovi za ispitivanje procesa trenja i habanja: Ista brzina, isti pritisak, isti temperaturski uslovi, isto podmazivanje. Uprkos tome sedam ili deset uzoraka pokazali su na kraju ispitivanja različite vrednosti istrošenja. No, to su samo elementi koji bi trebalo da ukažu na jedan suštinski program o stanju naše proizvodne opreme i u trenutku njenog projektovanja i u trenutku njenog korišćenja.

Mislim, da nije sporno da je postojanost i pouzdanost u eksploataciji veoma značajan kvalitetni parametar, jer mašina koja bilo iz slučajnih razloga, bilo kao posledica ovakvih slučajnih procesa, trenja i habanja brže gubi svoju radnu sposobnost ima po mom ubedjenju manju kvalitativnu vrednost i očigledno je da se proizvodi mogu komparirati po ovoj osnovi. Taj novi parametar jednog proizvodnog sredstva treba definisati i objektiviziranim koeficijentom kvantificirati ovaj parametar. Izvesno je da u našim vodećim fabrikama primenjuju numeričke metode za određivanje pouzdanosti mašinskih konstrukcija u eksploataciji još u fazi projektovanja. Znači, kao trend to nije novo. Nedovoljno i nesistematsko praćenje eksploatacijskog ponašanja i trošenja delova alatnih mašina predstavlja prazninu za statističku obradu podataka. Svim ljudima iz eksploatacije je jasno da isti elementi na istim mašinama i skoro pod identičnim uslovima eksploatacije nemaju is-

ti vek trajanja zbog nejednakog intenziteta trošenja, jer su u jednačini $\bar{z} = f(v, p, k_1, k_2, \dots)$ i argumenti funkcije slučajne veličine.

U praksi, na konkretnom ispitivanju stanja radne sposobnosti alatnih mašina u jednoj fabrici, proverom geometrijske tačnosti utvrdili smo da se površine na kojima se događaju procesi trenja (vodjice za glavno i pomoćno kretanje) i čije istrošenje predstavlja element radne nesposobnosti neravnomerno habanje i u zavisnosti od stepena zaštice-nosti i sistema podmazivanja. Vodjice glavnih vretena koje su zaštićene i nalaze se pod prinudnim sistemom za podmazivanje ne gube u toj meri početnu radnu sposobnost kao vodjice za translatorska pomoćna kretanja. Šta to znači? To znači da tehnološki faktori, čovek, podmazivanje, čišćenje tarnih površina bitno utiču na proces trenja i habanja i veličinu trošenja, ali kako to kvantificirati.

Sa druge strane, u interpretaciji datih slika ja sam se oslanjao, kako je to već kolega Popović rekao, na teorijsko razmatranje profesora Dr. Pronikova, eksperta za trenja i habanja koji u svom univerzitetskom udžbeniku ima isti prilaz i interpretaciju procesa trenja i habanja, a ne na tretman konkretnog istraživanja Tartakovskog na 1700 uzoraka. Sigurno je da tada karakter raspodele, funkcija raspodele može biti svakakva. Nije bio predmet ovoga rada da izračunava koeficijent spljoštenosti, Puasonove koeficijente, nego da ukaže na tretman, način kako treba pristupiti problemu posmatranja tarnih procesa i trošenja alatnih mašina i u vezi sa tim kompleksu obnove i održavanja njihove radne sposobnosti. U poenti ovoga članka utvrđuje se neminovnost intervencije u dva pravca: u pravcu povećanja pouzdanosti i racionalnog veka trajanja, posmatrajući taj kompleks s tačke gledišta održavanja proizvodne opreme odnosno funkcije službe održavanja u pogonu i sa gledišta projektovanja i konstrukcije.

Diskontinualna kriva eksploatacijskog stanja mašina (data u članku) indicira jedan problem sasvim ozbiljne prirode. Da li ima ili nema rezona, u datom trenutku pri odredjenom tehnološkom nivou u svetu investirati sredstva u regeneraciju radne sposobnosti proizvodne opreme s obzirom na ograničene mogućnosti povišenja njihovog početnog tehnološkog nivoa. Zakovitosti promene proizvodnih karakteristika nove i postojeće opreme (slika 3 Saopštenja A.10.1) imaju principijelan karakter i od glavnog referenta kriva razvoja ocenjena je kao strma što je i moguće. Ovo saopštenje ima pristupni karakter istraživanju uticaja sporih tarnih procesa na eksploatacijsko stanje alatnih mašina i ne predstavlja iznošenje eksperimentalnih rezultata.

Pored toga, u karakteru krivih trošenja kod Tartakovskog su prikazane izdubljene krive, a u iznetom primeru su ispupčene krive gde po eksperimentalnim podacima dolazi do pada brzine habanja a ne do porasta kako ga je Tartakovski prikazao jer je on možda nešto drugo posmatrao, možda je takav zakon da brzina procesa u vremenu raste, a u datom slučaju brzina opada što kritičar nije uočio. Ja mislim, da suština ovakvih istraživanja treba da ima aplikativan karakter, i to aplikativan koji će na odgovarajući način povećati i pouzdanost i radnu sposobnost sa istovremenim utvrđivanjem kriterijuma kada treba odbaciti komad. Zar mi nemamo, mogućnosti u praksi da vidimo da, u većini slučajeva, nisu određene dozvoljene granice trošenja elemenata s tačke gledišta ugrožavanja njihove radne funkcije i da je to manje više stvar ocene defektatora koji demontira alatnu mašinu. Jeli to opravdano? To ja mislim, da treba proizvodnja da postavi. Ako nauka mukotrpnim putevima, po mom shvatanju, treba da dâ odgovor na takva prozaična pitanja učiniće za proizvodnju mnogo. Slažem se da je moguće da na ovakvom eminentnom skupu treba brižljivo se truditi na pojedinim definicijama. I ja sam se trudio, uzimajući za podlogu navedenog eminentnog stručnjaka. Spreman sam da kritičaru kada dobijem na uvid a ne na sluh iznete primedbe odgovorim kroz novo saopštenje.

Prof. Dr. Rudolf Zdenković, dipl.ing., Zagreb. - Kolege, malo mi je neugodno i žao mi je, što je ova diskusija, izgleda mi malo zastranila. Dozvolite kolege da ja kao, recimo ovde eksteritorijalan i na osnovu mojih 15 godina industrijske prakse i 15 godina fakultetske prakse, donesem jedan kratak osvrt i da pokušam situaciju smiriti koja moguće izgleda gora nego što u stvari jeste. U obadva slučaja se radi o ambicioznim ljudima, koliko ja poznam kolegu Milačića, a isto tako kolegu Nedeljkovića, i ja i jednog i drugog veoma visoko cijenim, a moram reći da kolega Milačić spada u onu grupu ljudi koji svoje teorijsko znanje nastoje što šire primjeniti, i da on ulazi u pojedine finese. Ovo ne treba podcijeniti, jer ako ne bude takovih ljudi onda će ostali raditi što hoće. S druge strane kolega Nedeljković spada izgleda mi u čovjeka koji je prošao industrijsku kovnicu kao realnost života, pa zna ocijeniti što je realno, što ima izvesnog smisla, granica itd. No, i jedan i drugi, kažem, su veoma ambiciozni ljudi. Prema tome mi je neobično žao da se oni ovdje na ovom skupu razilaze, pošto obadva hoće da doprinesu da naše Savetovanje bude što uspešnije, što kvalitetnije i što bolje. Ja lično priznajem kolegi Milačiću nje-

gove teorijske postavke, ali upravo iz prakse se naklanjem rješenju kolege Nedeljkovića, jer je tačno da u takovim postupcima imademo jednu veću dozu slučajnosti negoli što mi možemo računima proizvesti ili dokazati. Jedno je nedvojbeno činjenica, koju će sigurno svi oni koji su sa ruskom literaturom dosta upoznati, a koji su probali aplicirati ruske formule moraće priznati da su izrazi ruskih eksperimentalista veoma minuciozni u postavljanju izvjesne zakonitosti, pa imadete unutra jedne formule 10 do 15 raznih faktora, eksponenata itd., koji su za jedan stanoviti slučaj stvarno takovi. Ali budući da imade puno faktora i puno eksponenata, ako se za jedan drugi slučaj uzme na primjer niža granica koje su isto tako dozvoljene dobiće se rezultat koji može biti toliko različit od stvarnosti iskazane formulom koju je jedan praktičar postavio sa svega dva faktora, sa svega jednim ili sa dva eksponenta, koja nije apsolutno tačna, ali koja je u većini slučajeva tačnija od onih teorijskih, razglabanih formulacija. Na taj se način izbegava opasnost da se sa previše faktora i previše koeficijenata ne zna koju vrednost koristiti, te se može dobiti krivi rezultat, i onda se čudite šta je zapravo krivo. Zato kažem, kolege, i jedni i drugi imaju pravo, a vjerujem da će nakon 5 ili 10 godina kolega Milačić slično govoriti, možda ne sasvim, ali svakako ublaženo u smislu kolege Nedeljkovića, koji je vjerojatno stanoviti deo teorije odbacio ili smatrao da nije više toliko praktičan ili da nema više tolike veze sa stvarnom praksom. Medjutim, s druge strane, kolege ja ne bih nikako htio dobiti dojam da teorija nije potrebna. Ona je i te kako potrebna, jer nijedan danas bez teorije ne može. Samo ta teorija mora biti smisaona, mora biti od vrednosti za našu praktičnu znanost. Drugo je kod onih koji istraživaju fundamentalne znanosti, kao kod fizičara, tamo je stvar drugačija. No, i tamo kolege mi se dobro sjećamo da je zakon kauzaliteta u fizici i od mnogo većih stručnjaka i znanstvenika nego što smo mi svi skupa ovde, bio jedanput ovakav, jedanput onakav: jedni su govorili da ima kauzaliteta, drugi su govorili da ga nema. E to je upravo moguće i slučaj sa habanjem. S jedne strane imamo jedan zakon, a sa druge slučajnost ili stohastičnost. Ovo kažem kolege u želji da doprinesem da diskusija omogući nalaženje veze između teorije i prakse, jer praksa bez teorije ne može ići. Mi danas ne možemo odbaciti naše teoretičare, jer inače ćemo zaostati u našoj proizvodnji. Mi se ne možemo osloniti više na ono što je neki majstor znao ili što on zna ili što smo mi slučajno iskusili. Moramo i jedno i drugo umesno dalje tjerati.

Ratko Uzunović, dipl.ing., Beograd. - U radu o kome je reč i u vezi sa kojim je drug Sekulić izneo primedbu zbog zanemarenja uticaja mase mašine na frekventnu karakteristiku sistema, želeo bih da kažem samo nekoliko reči. Mi u Institutu radimo na razvoju elektrohidrauličnog pobudjivača jer to zahtevaju naša ispitivanja koja vršimo u Institutu, pogotovu što ta ispitivanja želimo da proširimo i na teške konstrukcije, ne samo alatne mašine, čime se mi bavimo, nego i na sve teške konstrukcije u mašinstvu uopšte. Primedba druga Sekulića da masa sistema utiče na frekventnu karakteristiku u potpunosti stoji. Međutim, ukoliko se posmatra veza ovoga pobudjivača sa sistemom koji ima karakteristiku opruge, a to smo mi u ovom slučaju posmatrali, što je slučaj kada se vrši baždarenje pobudjivača pomoću dinamometra, onda se zbog potrebne krutosti sistema ovaj odnos $\sqrt{c/M}$, odnosno masa kli-pa pobudjivača može zanemariti, jer je veći od 200 Hz. Kod ispitivanja alatnih mašina nama veća frekvencija od 200 Hz obično nije potrebna, normalno da će da bude izvesnih uticaja na karakteristiku pobudjivača ali su to vrlo mali uticaji ispod 200 Hz. Drugo, zbog nepoznavanja brojnih vrednosti nekih parametara razvodnika, samog hidrauličnog sistema i izvršnog organa, isto smo morali da se dovijamo na neki način i da uvedemo izvesna uprošćenja od kojih je baš jedno uprošćenje i ovaj slučaj. Ovde na slici (u radu AM 18/3 na slici 5.) data je frekventna karakteristika pobudjivača gde je na ordinati odnos sile i struje u decibelima a na apscisi je frekvencija u hercima. Ukoliko bi se masa pobudjivača i sistema razmatrala u ovom slučaju, onda sigurno ova kriva ne bi izgledala ovako nego bi imala izvesne špiceve, zavisno od broja stepeni slobode mašine koja učestvuje u tom sistemu. Prema tome, masa će imati neki uticaj ali s obzirom da su nama frekvencije sopstvene učestanosti mašina veće od 200 Hz i da smo razmatrali u ovom slučaju, slučaj baždarenja, mi smo to zanemarili da bi mogli da dodjemo do izvesnih izraza, do prenosne funkcije. Drugo, same alatne mašine, a pogotovu alatne mašine velike mase za koje je predviđen ovaj pobudjivač, imaju i velike krutosti. Pogotovu kada deluje i statička sila-krutost se jako povećava. Recimo, može se očekivati da pri dejstvu sile od 2000 - 2500 kp krutost bude oko 30 - 40 kp po mikrometru. Tako, recimo ako se uzme masa mašine 10 Mp, onda se može videti da je taj odnos veći od 200 Hz. Drugo, želim da se osvrnem na rad koji je ovde dat u literaturi [1], to je ustvari sličan pobudjivač koji je razvijen u Nemačkoj i koji nam je služio kao uzor jer smo mi pokušali da napravimo nešto slično u Institutu. Samo da kažem još i ovo, da ovakvih hidrauličnih pobudjivača ima u svetu i da se mogu

kupiti, međutim, nama nije bio cilj da kupimo taj pobudjivač i da ispitujemo mašine nego nam je bio cilj da osvojimo nešto novo i da naučimo nešto novo. Ovaj pobudjivač iz literature [1] je dat u "INDUSTRIE ANZEIGER-u" broj 98/64. Pobudjivač koji je izveden - iste konstrukcije kao i naš koji mi razvijamo u Institutu, je eksperimentalno ispitano, provereno i u tom radu su date detaljno sve karakteristike pobudjivača i želim samo da kažem da se frekventna karakteristika koju smo mi dobili ovde, vrlo dobro slaže, mislim karakter krive, sa frekventnom karakteristikom koja je data u radu u "INDUSTRIE ANZEIGER-u" 98/64. Prema tome ja bih rekao da je ovde bilo bitnije da se dâ jedan teorijski pristup, što nije dato nigde, pa smo mi pokušali da učinimo teorijski pristup odredjivanju frekventne karakteristike pobudjivača stim, što će se eksperimentalnim rezultatima uneti normalno izvesne korekcije u odnosu na razmatrano. Ja se zahvaljujem drugu Sekuliću, smatram da je njegova primedba dobronamerna, mi se u Institutu tek počinjemo baviti ovim problemima i bilo bi mi drago kada bih mogli da sa Institutom za prostornu tehniku uspostavimo kontakte i da na tom polju saradjujemo.

Miloslav Kaladžić, dipl.ing., Beograd. - Višegodišnja ispitivanja u IAMA Beograd na razvoju metoda za ispitivanje samih alatnih mašina kako je dosad u nekoliko navrata u nizu radova objavljeno, imala su dva osnovna cilja. To je, prvo, odredjivanje metoda u cilju uspostavljanja i definisanja konkretnih parametara za komparativno ocenjivanje kvaliteta alatnih mašina i na kraju za odredjivanje direktivnih metoda za konstruktore i za rekonstrukciju i poboljšanje samog kvaliteta alatnih mašina. Ta ispitivanja u krajnjoj liniji kod nas su obuhvatala i ispitivanje buke, odnosno zvučnosti jedne alatne mašine što je isto tako imalo za cilj dva osnovna pravca. Prvo, dijagnostičiranje same alatne mašine, odnosno elemenata alatne mašine, koji dovode do visoke buke i to na kritičnim frekvencijama i, s druge strane ispitivanje buke sa fiziološke tačke gledišta, odnosno sa fiziološke tačke zaštite radnika na radu. Ovaj moj kratki uvod sam dao zbog toga što, na žalost, u ovom trenutku na ovom Savetovanju nije bilo uopšte nijednog našeg rada iz Instituta po pitanjima buke i što bih želeo da se osvrnem ukratko na rad drugarice Henih, u vezi ispitivanja buke kod alatnih strojeva. Naime, prema tom radu ispitivana je buka alatnih strojeva direktno u pogonu kada rade više alatnih mašina, starih alatnih mašina. Prema uvodu tog rada takvo ispitivanje ima za cilj da

se odrede kritične frekvence pojave buke, gde dolazi do vrlo visoke buke i probijanje odredjenih normi, i da se daju konstruktorima odredjene direktive za proračun elemenata na alatnim strojevima radi snižavanja buke. To ispitivanje je vršeno direktno u pogonu prema navodu drugarice Henih, na taj način što su sva vrata na pogonu bila zatvorena, što je vršeno rezanje i što je mikrofoni bio postavljen u pravcu izvora zvuka. Prvo, mislim da niukom slučaju mikrofoni, pri ovakvim ispitivanjima ne može biti postavljen u pravcu izvora zvuka, zbog toga što zvučnost alatnih mašina pri rezanju (u pogonu gde rade više alatnih mašina), odnosno izvor zvuka ne može biti definisan, mislim da je potpuno jasna stvar da se ne zna gde je. Druga stvar, sama veličina zvuka, odnosno nivo zvuka na odredjenim frekvencama u vremenu analize i totalni nivo zvuka, u mnogome zavisi od odredjenih režima rezanja i vrste materijala koji se obradjuje, a s druge strane od broja mašina u samoj prostoriji, od veličine hale, i njene akustičnosti itd., te smatram, da ova vrsta ispitivanja može imati interesa s jedne strane, ukoliko hoćemo da dodjemo ovako do odredjenih zaključaka - koliko u stvarnim pogonskim uslovima imamo uticaj i veličine nivoa zvuka kako totalnog tako i na odredjenim frekvencama sa aspekta zaštite na radu, dok ovakva ispitivanja niukom slučaju ne mogu dati odredjene podatke koje bi mi dali konstruktorima i koji bi se mogli koristiti pri samom konstruisanju alatnih mašina. Direktno, takva ispitivanja koja dovode do odredjenih podataka koje može koristiti sam konstruktor pri konstruisanju odredjene mašine, bilo koje mašinske konstrukcije koja proizvodi buku, jedino su moguća pri strogom dijagnostičiranju i odredjivanju direktno odredjenih izvora zvuka (buke), i to samo u laboratorijskim uslovima, tako da se može i direktno na to mesto na konkretan izvor zvuka uticati. Druga moja opaska, ovako ukratko, odnosila bi se na rad druga Peceka. Njegov rad se odnosi na doprinos teoretskih postavki u ispitivanju alatnih mašina. S obzirom da drug Pecek u svom radu ne iznosi konkretne rezultate - a na prvi pogled izgleda da taj rad predstavlja jedan odredjeni presek današnjih teoretskih postavki i njihovih doprinosa pri ispitivanju alatnih mašina, to smatram, da takav rad u ovom slučaju ne može imati te pretenzije uopšte, s obzirom da drug Pecek daje samo ukratko presek i to vrlo kratak kroz rad Tlustija i Kudjnova, dok ostali radovi koji se odnose baš direktno na ispitivanje alatnih mašina i to dinamička ispitivanja alatnih mašina koji predstavljaju radove zapadne škole, u prvom redu škole Tobiasa i Petersona uopšte u ovom napisu nisu obuhvaćena - kao ni novi radovi Tlustija i Kudinova koji još uopšte nisu ni objavljeni. U osnovi, kako

je i sam referent Prof. Stanković u ovom slučaju naglasio, težište je u prvom redu bačeno na pitanje nelinearnosti sistema, kako je prikazano na jednom dijagramu. Pitanje nelinearnosti sistema kod alatnih mašina u svakom slučaju zaslužuje posebnu pažnju, međjutim, u toj mери uopšte nije izraženo kako je ovde predstavljeno s obzirom da, na primer, kod statičke krutosti alatna mašina stvarno predstavlja nelinearni sistem pošto se krutost sa opterećenjem menja. Međjutim, ako uzmemo poznati i klasičan primer krutosti, na primer, suporta, odnosno nosača alata, jedne alatne mašine gde je krutost pri vrlo malim opterećenjima, na primer, od 0,5 - 1 kp vrlo mala, dok ne dodje do potpunog kontakta i povećavanja površine naleganja, zatim se stabilizuje u odredjenim granicama koje predstavljaju interes za ispitivanje, odnosno za rad mašine, da bi se kasnije krutost povećala ili opala zavisno od toga da li je dati element mašine bio prenapregnuti ili ne.

Zaključna diskusija izvestioca: Prof. Dr. Pavle Stanković, dipl.ing., Beograd. - Kao što je i Prof. Šolaja malopre naglasio, čini mi se da možemo da budemo zadovoljni ovom diskusijom, koja pokazuje da postoji veliki interes za oblasti koje se ovde izlažu, za probleme o kojima je bilo reči, koji su izneti u toku diskusije i koji su štampani u samim referatima. Ako se malo osvrnemo na pojedine primedbe, onda možda treba prvo da se zadržimo na primedbi kolege Milačića koja se odnosi na rad kolege Nedeljkovića. Ja mislim da je odgovor vrlo dobro definisao i prof. Zdenković, da se ovde uglavnom radi o dobronamernoj primedbi u cilju korekcije, tačnijeg i strožijeg definisanja pojmova iz oblasti statistike, a u vezi posmatranog problema. Isto tako i prilog kolege Popovića u vezi ove diskusije, dokazuje da se tu ustvari radi o izvesnim primedbama koje se odnose na definicije, dok u stvarnosti ostaje kao težište problema onaj, koji je kolega Nedeljković pokušao da reši i za koji je on postavio pristup, i koji, naravno, zahteva još puno rada do svoga definitivnog rešenja. Svakako da ovo pitanje eksploatacije mašina, gubljenje eksploatacijskih karakteristika jedan važan problem koji je daleko od svog rešenja ali možemo reći da je rad kolege Nedeljkovića koristan prilog u tome prvcu, prilog koji postavlja izvesne direktive i izvestan pristup rešavanju problema. Svakako da će u svom daljem radu kolega Nedeljković uzeti u obzir, uveren sam, i dobronamerne primedbe koje je dao kolega Milačić.

Dalje smo imali primedbe kolege Sekulića koje se odnose na rad kolega Damića i Uzunovića u pogledu elektrohidrauličnog pobudjivača. Sama dis-

kusija, kao i odgovor autora dokazuju da autor prihvata primedbu i da je smatra opravdanom, ali s obzirom na približnost, na relativno malu masu, i s obzirom na malu frekvenciju autor smatra da se greška može tolerisati i da tek ispitivanja mogu da daju korekzione faktore koji će uzeti u obzir i ovo zanemarenje same mase.

Dalje je bila diskusija u vezi eksploatacijskog iskorišćenja. Diskusija tu pokazuje da i ovde postoji veliki interes za ovu aktuelnu oblast. Istovremeno se može konstatovati da se proizvodni stepen definiše na razne načine u zavisnosti od toga šta obuhvata, da li se posmatra samo mašina za sebe ili se uključuje proces obrade u celini ili delimično. I iz toga proizilazi ova razlika u pojedinim definicijama i pojedinim shvatanjima odgovarajućih proizvodnih veličina. Što se tiče primedbe kolege Kalajdžića na rad kolegice Henih u vezi određivanja buke, mislim da je ta primedba opravdana, jer ovde se radi ne o ispitivanju buke same mašine, tako da je konstruktoru teško da iz rezultata koji uključuju u sebe i buku sa drugih izvora, donese neki zaključak o tome kakvu buku proizvodi sama mašina. U svakom slučaju može ovaj rezultat ispitivanja buke da se smatra kao ispitivanje lokalnih uslova. Metodologija ovih ispitivanja svakako je korisna za lokalno ispitivanje uslova rada u okviru HTZ.

Dalje, ovde treba spomenuti u okviru današnje diskusije i koreferate Prof. R. Zdenkovića i Prof. Z. Savića, kao veoma interesantne priloge, samo je šteta što ti radovi nisu unapred štampani, tako da nismo imali priliku da ih ranije čitamo, pa možda, da se bolje pripremimo s jedne strane za praćenje samog izlaganja, a s druge strane za diskusiju.

Na kraju, mislim da možemo da konstatujemo ono što smo rekli na početku da postoji veliki interes, s obzirom na razvijenu diskusiju koja predstavlja za autore novi podstrek i novu pomoć u daljem radu.

(b) Automatizacija i upravljanje

Prof. Svetislav Zarić, dipl.ing., Beograd. - Na primedbu Prof. Dr. R. Zdenkovića, dipl.ing., daje se sledeći komentar. Izneta razmatranja odnose se na rešavanje problema projektovanja sistema za automatsko upravljanje specijalizovanih alatnih mašina analitičkim putem, a na bazi teorije konačnih automata. Upravljački organ se tretira kao konačan automat sa determinisanim ulazom X i odgovarajućim izlazom Y. Ulaz predstavlja signal formirani krajnim prekidačima, čime se

definišu položaji radnih organa, a izlaz obrazuju komandni signali koji dejstvuju na razvodnike i aktiviraju radne organe.

Rad konačnog automata za simulaciju automatskog ciklusa mašine alatke se, korišćenjem posebnog matematskog aparata algebre logike, izražava u vidu jednačina tzv. Bulovih funkcija. Karakter ovih jednačina je takav, da se na osnovu njih može direktno komponovati strukturna shema upravljačkog organa.

Rad konačnog automata može se prikazati i posredstvom kvadratne matrice čije elemente sačinjavaju skup parova ulaz-izlaz. Ovakav prikaz pogodan je kako za analizu komponovane sheme tako i za opis automata u vremenskim koordinatama. U drugom delu saopštenja iznet je postupak za transformaciju jednačina, koje karakterišu ponašanje automata, u kvadratne matrice.

Bojan Antunović, Zagreb. - Jako mi je žao da pitanja i kritike postavljene u uvodnom referatu nismo rasčistili prije ovog Savetovanja, s obzirom da se nalazimo u neposrednom susjedstvu, pa je to bilo lako ostvariti. Takodje je uredjaj više meseci radio u probnom pogonu i svi podaci su se mogli lako provjeriti na licu mjesta. Po mom mišljenju trebalo je teoretske postavke, naravno proverene u praksi, krajnje uprostiti, jer namena ovog referata je bila samo da daje praktičnu pomoć za rešavanje ovakvog problema. Mislio sam da za svrhu ovog Savetovanja nije potrebno zalaziti u teoretska razmatranja, što ne znači da ih nisam napravio, već sam nastojao da budem što razumljiviji. Nisam ni mislio, a to je možda moja greška, da motor sam vrši pozicioniranje, već pomoću pogodnog davača. Mislio sam da je, poznavajući automatske strojeve, to samo po sebi jasno. Ako, medjutim, to nije tako, ja se izvinjavam, ali je greška samo slučajna i po mom mišljenju nikako od bitne važnosti. Sve iznete karakteristike motora su vrlo približne, ali ne vidim zašto bi morale biti preciznije kad im je jedina namena da služe samo za ilustraciju. Glavni cilj referata je bio da pokaže kako se od asinhronog trofaznog motora može dobiti za sasvim male brzine karakteristika slična karakteristici istosmernog motora, a koristeći jednostavna sredstva. Kao što sam rekao, teorijska izvodjenja ovdje nisu data, ali ih mogu svakom zainteresiranom dostaviti pismenim putem u predvidjenom roku. Reguliranje brzine vrtnje asinhronih motora pomoću promjenljivog tiristorskog pretvarača frekvencije se primjenjuje za široku skalu promjene broja obrta. Problem je kada su potrebne samo dvije brzine čiji je odnos reda veličine 1:500,

što je i slučaj kada isti motor služi za obradu pa onda samo za pozicioniranje. Izneseni način je mnogo ekonomičniji i pouzdaniji, jer se sastoji samo iz trofaznog transformatora reda veličine, 1kVA i ispravljača reda veličina 100 W. Što se zagrijavanja motora tiče, ako se motor duže vreme sporo okreće potrebno ga je hladiti posebnim ventilatorom bez obzira na koji se način ostvaruje spora vrtnja. Čini mi se da je dovoljan izmjereni podatak koji se nalazi u referatu gde je za dvije minute temperatura porasla za 18°C, a pozicioniranje u praksi traje veoma rijetko iznad 10 sek.

Branko P o p o v i ć, dipl.ing., Beograd. - Dozvolite mi pre svega da se zahvalim glavnom referentu Prof. R. Zdenkoviću na zaista visokoj oceni datog referata pri čemu se prihvataju sve veoma korisne primedbe. U vezi postavljenog pitanja Prof. S. Zarića na referat "Elementi tačnosti obrade u automatskoj kontroli" može se istaći sledeće: automatska kontrola posle završene obrade predviđa merenje obradjenih predmeta izvan sistema kako bi se obrada sledećeg predmeta izvela na što bolji način. Automatska kontrola u toku obrade predviđa istovremeno merenje i obradu uključujući i korekciju. Kontrola posle obrade, kako je to tačno uočio Prof. Zarić, je aktuelnija i aplikativnija. Međutim, faza u kojoj se nažalost danas nalazimo omogućava rešenje ovog problema tek posle nekoliko godina kada ova kontrola sigurno neće predstavljati poseban interes. Stoga se smišljeno ide na drugi korak, preskačući prvi, kako bi se uhvatio kakav takav korak sa modernim tendencijama.

Želeo bih dalje da postavim tri pitanja kolegi Milojeviću iz Beograda vezana za njegov koreferat "Prilog rešenju alata za numerički upravljane alatne mašine". Dimenziono definisanje alata je preduslov za dobijanje oblika i dimenzija predmeta obrade. To je ustvari određivanje položaja sečiva alata u odnosu na dati koordinatni sistem kod numerički upravljanih alatnih mašina. Prethodno podešavanje alata, jer problem numeričkog upravljanja ovo ne predviđa, je otuda nužna potreba. Za ovo su postavljeni sledeći zahtevi u pogledu postavljanja alata. Prvo obezbediti mogućnost podešavanja, drugo, prethodnog podešavanja, treće, omogućiti - obezbediti mogućnost brze izmene alata. Za obradu otvora (bušenjem, upuštanjem, proširivanjem, razvrtanjem, urezivanjem navoja) formirane su karte alata i napravljena je sistematizacija alata čime je učinjen koristan pristup rešavanju problema. S tim u vezi evo tri pitanja. Prvo, aparat za prethodno podešavanje alata za numerički upravljane alatne mašine omogućava postavljanje se-

čiva alata u određeni položaj datog koordinatnog sistema. To je delimično u redu za profilni alat (burgije, upuštače, razvrtače i ureznike) ali je nedovoljno baš kod prikazanog rešenja alata sa pričvršćenim nožem. Naime, postavlja se problem: kako postaviti alat u odnosu na tolerancijsko polje obradjivanog otvora. To je bilo važnije da se obradi. Naime, ako se alat postavi na donju ili gornju graničnu meru prečnika - škart je neminovao. Područje između je dovoljno široko da se napravi greška. Čitav niz grešaka obrade utiče na tačno određivanje pozicija alata i prema tome potrebno je odrediti veličinu podešavanja pa tek onda se može ići dalje. Drugo, govoreći o zahtevima u pogledu alata može se shvatiti da je jedanput podešen alat potpuno regulisan. Međutim, usled navedenog niza grešaka obrade, alat treba stalno podešavati pa treba uključiti i zahtev naknadnog podešavanja. Treće, na kraju ako razmotrimo pomenuto rešenje alata i aparata za podešavanje uočavaju se i druge mogućnosti. Recimo samo da, ako je već izuzeta mogućnost podešavanja sečiva i alata na glavi vretena (što je vidjeno u mnoštvu varijanata) moglo se pribеći poznatom i preciznijem optičkom podešavanju.

Želeo bih da postavim i dva pitanja kolegi Pavloviću i Beograda povodom njegovog koreferata "Numerički metod provere pouzdanosti mašine alatke". Pravilno uočavajući važnost sigurnosti rada alatne mašine, analizira se ovde pouzdanost u fazi konstrukcije pri čemu se proverava pouzdanost putem samoocene odnosno sabiranjem poena na osnovu date test liste. Kako se pouzdanost sistema iskazuje proizvodom verovatnoće nezavisnih događaja kvarova pojedinih elemenata isto tako se pouzdanost može iskazati verovatnoćom suprotnog događaja pojave neispravnosti sistema. Praktični putevi za analiziranje pouzdanosti vezani su za slučajne događaje, i aleatorne promenljive, dakle za statističku obradu podataka iz eksploatacije ili iz eksperimentalnih istraživanja. S tim u vezi stoje i sledeća dva pitanja. Ovde je pretpostavljena samo jedna veza elemenata, tj. kada se pouzdanost sistema odkažu za slučaj kvara jednog jedinog elementa. Postoji međutim i paralelna veza gde dolazi do otkaza sistema tek ako nastupi kvar svih paralelno vezanih elemenata. U primeru pomenutih zaptivača dva loša (jednostavnija i jeftinija) zaptivača mogu bolje obezbediti pouzdanost sistema od jednog boljeg (komplikovanijeg i skupljeg) zaptivača. Na primer, ako je verovatnoća otkaza lošeg zaptivača 0,05 a boljeg 0,10 tada je nepouzdanost paralelne veze loših zaptivača 1% , a boljih 5% . Sinteza veza elemenata sistema jedino može da obezbedi analitič-

ki dobijenu vrednost pouzdanosti sistema. Drugo, podaci koji su ovde korišćeni prikupljeni su na osnovu literature, iskustva i preporuka proizvođača. Dakle, umesto pouzdanosti sistema može se postaviti i problem pouzdanosti podataka. Izvesna su naša iskustva u vezi literaturnih podataka a sa navedenim iskustvo zaista nismo upoznati. Medjutim, podaci TIMKEN-a i SKF-a su upotrebljivi tek posle adaptacije a predviđaju ugradnju jedino ležajeva pomenutih proizvođača.

Mihailo Milojević, dipl.ing., Beograd - Železnik. - U vezi sa radom "Prilog rešenju alata za numerički upravljane mašine", koje smo nas trojica iz ILR - Železnik napisali, uvažio bih primedbu Prof. R. Zdenkovića da je referat nezavršen, i to zato što je bio ograničen prostorno na odredjeni broj tabaka i odredjen broj skica, a da ne bi ostao nedovršen mi ćemo u roku od narednih 10 dana u jednom prilogu završiti taj rad. Koristim priliku da odgovorim kratko kolegi B. Popoviću. Moja namera kada sam pokušao da napišem nešto u vezi sa alatima za numerički upravljane mašine je bila da podvučem osnovne stvari koje su važne za primenu ovih alata, jer objektivno kod nas ne postoji niti iskustva niti je nešto o tome napisano. Taj prilog svakako nije mogao da obuhvati sve načine podešavanja i sve aparate za podešavanje kojih ima veoma mnogo. Drug Popović je u Beogradu, mi smo tu pored njega i bilo bi dobro da se u vezi sa tim sretnemo ukoliko ima drugih pitanja. Postavljeno je pitanje, odnosno nekoliko pitanja od strane druga B. Popovića, kolegi A. Pavloviću u vezi sa pouzdanošću. On danas nije prisutan ovde, i ja bih molio da se ovo pitanje dostavi kolegi Pavloviću koji bi eventualno pismeno odgovorio. Želim da iznesem nekoliko napomena u vezi sa podelama obradnih sistema koje su danas učinjene usmeno, u koreferatu i prethodno u referatu. Naime, slažem se sa ocenom Prof. R. Zdenkovića da je ovo Savetovanje dalo značajniji doprinos razjašnjenju odredjenih pitanja iz automatizacije i iz upravljanja i da postoji nada da će ova oblast koja je kod nas objektivno zapuštena doći na jedan pristojan nivo. S tim u vezi, ja cenim napore druga Dr. V. Milačića da dâ izvesne pojmove iz adaptivnog upravljanja, ali se ne bih mogao složiti sa njegovom podelom obradnih sistema na numerički upravljane mašine, na mašine upravljane kompjuterom i na adaptivno upravljane mašine. Pre bih se složio sa takvom konstatacijom da su adaptivno upravljane mašine ili sistemi ustvari numerički upravljane mašine ili numerički upravljani sistemi koji imaju ugradjena odredjena kola za automatsku kontrolu i s tim u vezi ugradjene komp-

jutere u taj upravljački sistem koji će automatski davati određene zapovesti za korekciju putanja kretanja i parametra obrade, znači za korekciju koja se postavlja kao zahtev usled određenih poremećaja u procesu rezanja usled deformacija koje nastaju, usled temperature, usled promene otpora rezanja, usled zatupljenja alata i dr. Znači da ovakve podele ne mogu apriori da se prihvate, nego je nužno dati detaljnija i preciznija razjašnjenja, kako na samom početku možda ne bi došlo do većeg broja naziva i pojmova, što bi i onako skromne snage koje rade u ovoj oblasti možda razjedinilo. Ne bih se složio da mogu da postoje nenumeričke mašine upravljane kompjuterom. To mi nije jasno. Drugo, mislim da objektivno ne postoje definicije koje bi nas obavezivalo na zajedničke nazive, ali se ne bih složio ni sa podelom kolege Milačića kada centre obrade deli na centre obrade sa ručnom zamenom alata i sa automatskom zamenom alata. Takodje ne bih prihvatio konstatacije u vezi sa cenama sistema za numeričko upravljanje i cenama sistema za adaptivno upravljanje. Mislim da tvrdnja o ovakvoj razlici cena može da izazove određene sumnje i određena kolebanja u namerama korisnika ove vrste mašina. Smatram da je nužno ujediniti se u ovoj oblasti s obzirom da smo još na početku i da nema razloga da to ne učinimo.

Zaključna diskusija izvestioca: Prof. Dr. Rudolf Zdenković, dipl.ing., Zagreb. - Kolege, prije nego dam kratak rezime današnjeg Savetovanja i ukažem na uspjehe ili daljne vidike koji proizilaze, mislim da bi trebalo sasvim kratko da odgovorim na neka pitanja koja su diskutanti nabacili. Radi se uglavnom o jednome. Držim da je ovakav skup prevrijedan a da se na njemu raščišćavaju najosnovniji pojmovi koji bi trebali svakome biti jasni, jer ako neko u naslovu svog referata piše precizirano i decidirano govori "precizno pozicioniranje asinhronim motorima", onda se pod tim po stručnjacima, po nama barem podrazumijeva dolaženje u tačno određenu poziciju i stajanje u toj poziciji. Druga je stvar "pužući hod". Da je taj referat bio nazvan "rješenje za pužući hod", onda bi bila stvar sasvim u redu. On je to i rješio. Ja sam to i naveo u referatu. Ali on nije rješio problem stajanja, odnosno ulaženja u poziciju. Ovo se na taj način ne može rješiti, i to je mislim jasno i treba biti jasno, ali je žalosno da to moramo ovde raščišćavati. Koreferat kolege Jelatanceva ne znam zapravo šta je novoga uneo, jer je ta stvar poznata. Po tom sistemu

radi jedan Simensov posebni agregat za pužujući hod, koji isto tako koristi istosmjerno kočenje prilikom rada, dijagrami koji su ovde pokazivani su upravo isti ti dijagrami. Prema tome ta stvar je poznata. Što se tiče cjelokupnog pregleda današnjeg dana, mislim da možemo svakako smatrati da je i u ovom području konačno stvar krenula napred. Mi se sastajemo evo već od 1965. godine, to je već naše peto sastajanje. Do sada smo uglavnom raščišćavali i donášali radove iz obrade koji su zapravo početak svakog problema bilo teoretskog bilo praktičnoga. Dalje smo prelazili na konstrukcione probleme i na ispitivanje konstrukcionih elemenata, i to je u dosadašnjim referatima isto tako bilo obradjivano kao i danas. Automatizacija, međutim, je do sada bila vrlo slabo zaposjednuta, ona se gubila više manje u drugim referatima i tek ove godine imamo posebno područje koje pokazuje da i tu nešto radimo. No mislim, a to sam dao i u zaključku, da taj naš rad trebamo znatno intenzivirati, jer mi smo u tehnologiji proizvodnje mnogo načinili. Mi imamo nove tvornice, imamo nove strojeve, imademo instrumente i imamo uglavnom sve moguće prilike da ostvarujemo jednu savremenu proizvodnju. Ali nam je upravo automatizacija problem, i to automatizacija koja traži da kupujemo skupe strojeve, koje moramo u pojedinačnim primjercima imati u proizvodnji da se barem na njima učimo i da možemo preko njih preći u taj viši nivo. Cilj je, međutim, da jednostavnim sredstvima male automatizacije pojačamo mogućnosti kojima možemo povećati i pojeftiniti našu proizvodnju. Svjedoci smo da u ostalom svijetu upravo ta automatizacija ide vanredno brzim koracima, a jutros sam iznio da se čak i u konstrukcijske biroe uvlači automatizacija. Mi smo, međutim, ruku na srce, još uvek u dječijim nogama usprkos tome što imamo vanrednih stručnjaka među nama, imamo instituta koji su sposobni da rade na tome, samo koji bi trebali celu težnju svoga rada sada posvetiti većim dijelom tim problemima, jer su oni od primarne važnosti. Zgodno je rješavati neki problem rezanja, neki problem poboljšanja alata itd., to je sve zgodno, ali držim da to momentano ne može doneti toliko koliko može doneti jedan obuhvatni, frontalni napad na probleme automatizacije. U tom smjeru trebamo sve naše snage ujediniti da bi se postiglo ono što se i stvarno može.

Referat koji je kolega V. Milačić izneo je upravo jedan podstrek u tome da se vani već daleko prešlo preko svih onih stepenica koje mi tek polagano započinjamo ili gledamo prema njima. Tamo se već prešlo i preko normalnih numeričkih strojeva, preko raznoraznih varijanata se ulazi u najviši stepen adaptivnog upravljanja, s time da se izvuče

maksimum iz proizvodnje, i to ne samo maksimum na temelju eventualnog praćenja raznih deformacija koje se dešavaju da komadi budu što tačniji, nego da se putem računara izvuče maksimum u proizvodnji. To znači da se karakteristike stroja sa karakteristikama materijala i karakteristikama alata putem jednadžbi koje postoje i preko računara dovedu na jedan optimalni režim, tako da ne radimo više po raznim tablicama nego da nam stroj izračuna za svaki karakterističan slučaj onaj najbolji režim rada koji će nam donijeti najveću proizvodnju i korist. Sigurno da u roku od jedne godine koja nam predstoji do idućeg Savjetovanja ne možemo napraviti takav skok. Ali moramo barem preduzeti da u tom pravcu želimo raditi i da u tom pravcu želimo maksimum dati, jer će nas inače preteći tehnika koja vani ide upravo nevjerovatno brzim koracima. Opasnost je da dodjemo u sve veći i veći raskorak u mogućnostima nudjenja, u mogućnostima prodaje i u mogućnostima konkuriranja. Znači, tu moramo usmjeriti naša nastojanja, vjerujem da nam upravo Savjetovanje može pobuditi snage i dati podstrek da ćemo se do godine susresti sa boljim rezultatima na tom području. Ovo iskreno želim vama svima koji ste u nauci i istraživanju, jednako kao onima koji su u poduzećima i koji trebaju koristiti i ostvariti odgovarajuća znanja i proizvode.

(c) Obrada rezanjem

Doc. Mgr. Joko Stanić, dipl.ing., Beograd. - Hteo bih prvo da odgovorim Prof. V. Šolaji na učinjene primedbe na moje saopštenje, a zatim da postavim izvesna pitanja u vezi saopštenja S. Sekulića.

Poznato je da performanse alata kao i proizvodnost i ekonomičnost obrade zavise u velikoj meri od kompleksa geometrije alata. Istražujući uticaje geometrije alata na efekte i proces rezanja postavljen je u našem Institutu jedan nov model generalisanog sistema kinematske i statičke geometrije alata. Za koncipiranje ovog modela neophodno je striktno poznavanje pravca sile trenja odnosno pravca toka strugotine po grudnoj površini alata. Postojeće analitičke ili empirijske jednačine koje se daju u literaturi nepotpune su i veoma približne. Izloženim radom učinjen je korak dalje ka definisanju stvarne vrednosti pravca toka strugotine pri čemu je ispoljena dobra saglasnost analitičkih i eksperimentalnih rezultata ispitivanja. Pri izvodjenju jednačine (10) pošlo se od ekvivalentnosti stvarnog ukupnog toka strugotine

i superponiranih parcijalnih tokova sa pojedinih radnih sečiva alata, dakle, od uslova ravnoteže toka na grudnoj površini. Pojedine parcijalne normalne sile tokova zavise, prema strukturi proširenog izraza, od dubine rezanja (odnosno radne dužine sečiva), koraka i uslova obrade. Linearizujući ih i ispuštajući zajedničke činioce dolazi se do relacije (1), a zatim, po izloženom postupku u saopštenju, i do jednačine (10).

Primedbe, međjutim, koje je učinio Prof. V. Šolaja, naročito u pogledu združnosti i međusobnog uticaja parcijalnih tokova, veoma su interesantne za teorijski pristup striktne definicije pravca toka strugotine. One će svakako biti uzete u obzir u daljim proučavanjima ovog problema.

U saopštenju doc. S. Sekulića tvrdi se da kriterijumi zatupljenja alata, koji su razvijeni u Institutu za alatne mašine i alate, "imaju izvesne nedostatke" i "da svi podaci vezani za ispitivanje obradljivosti ne mogu biti neposredno korišćeni". Pitanje kriterijuma zatupljenja reznih alata bilo je jedno od osnovnih i najvažnijih pitanja koje je valjalo rešiti pri pristupu poznatom projektu ispitivanja obradljivosti domaćih konstrukcijskih materijala. Naša istraživanja morala su početi od tehnoeekonomskih pretpostavki i zahteva u realnim proizvodnim uslovima. Tako su matematički i eksperimentalno definisani i razvijeni kriterijumi s obzirom na maksimalni ukupni vek alata, minimalne troškove obrade, trenutak porasta otpora odnosno snage rezanja, tačnost obrade i minimum glavnog vremena izrade radnog predmeta. Primenom ovih kriterijuma na familije krivih habanja utvrđene za široka praktična područja elemenata i uslova obrade kroz projekat sistematskog ispitivanja obradljivosti, dobijaju se zakoni brzine rezanja i drugih faktora obrade u čiji značaj za tehnološku praksu ne može biti sumnje. Prema tome, ovim kriterijumima se sasvim pouzdano definišu tačke ili uža područja na krivoj habanja (druga i treća faza habanja alata) i to na osnovu realnih proizvodnih zahteva.

Kriterijum koji doc. S. Sekulić izlaže u svom saopštenju polazi od dvostrukog grafičkog diferenciranja krive habanja alata. Pritom se na krivoj dobijenoj posle drugog diferenciranja fiksira tačka, koja se uzima kao stanje zatupljenja alata. Međjutim iz rada se ne vide razlozi zašto je ova a ne neka druga tačka uzeta kao trenutak zatupljenja alata. S obzirom da se ovakva ispitivanja moraju zasnovati na proizvodnim kriterijumima, jer im je cilj racionalizacija procesa obrade metala rezanjem u smislu ekonomičnosti, proizvodnosti i tačnosti ob-

rade, neophodno je da doc. S. Sekulić pruži dopunska obrazloženja svog kriterijuma zatupljenja reznog alata, odnosno motiva diferenciranja i izbora pomenute tačke na krivoj ubrzanja habanja alata.

Doc. Branko I v k o v i ć, dipl.ing., Kragujevac. - Pre nego što se osvrnem na dva saopštenja, vrlo interesantna, koja su dali kolega Š. Šavar i kolega E. Kuljanić, hteo bih ukratko da kažem o nekim primedbama glavnog referenta u vezi sa krivima habanja i o mogućim perspektivama primene radioaktivnih izotopa u ovoj oblasti proizvodnog mašinstva, u ispitivanju habanja. Prva primedba koja je u referatu bila stavljena, odnosno hipoteze koje su bile postavljene, stoje, jer ono što je do sada uradjeno na obeležavanju reznih alata radioaktivnim elementima, u ovom slučaju radioaktivnim kobaltom, je verovatno tek samo početak. Postoji veoma mnogo boljih metoda od ove koja je tu korišćena, na primer, elektrolitičko deponovanje, zatim, tek prošle godine razvijene metode aktiviranja površinskog sloja pomoću ciklotrona itd., pri čemu će verovatno u narednim godinama ove metode moći da se lansiraju i na veći broj alata. Drugo pitanje se odnosi na aproksimaciju krive habanja parabolom $y = ax^n$. O tome bih hteo da kažem par reči. Negde oko 1951. godine prof. Merčant je, koji je inače direktor Instituta firme Cincinnati Milling Machine Co u Americi, na jednom ovakvom Savetovanju izneo predlog primene i razvoja prve radioaktivne metode za ispitivanje habanja alata. Pretpostavka koju je on tada učinio je bila da je kriva habanja pri rezanju sa alatima od tvrdog metala skoro prava linija, on je tada usvojio takvu aproksimaciju. Klasičan oblik krive habanja koji se sastoji iz tri dela: početno habanje, pravolinijski deo usporenog habanja i period katastrofalnog habanja, je u pravom smislu reči klasičan. On je registrovan uglavnom negde do I Svetskog rata i u prvim godinama posle I svetskog rata. Zašto? Zato što je u tom periodu u industrijskom svetu radna snaga bila relativno jeftina, a rezni alat i mašina su bili relativno skupi. Prema tome, išlo se na to da se troši što više radna snaga a što manje skup alat, a poznato je da se alat manje troši kad se reže sa manjom brzinom rezanja. Prema tome i oblast režima rezanja, optimalnih režima rezanja, koji se, nažalost, zadržava i u našoj literaturi i čak u nekim pri-ručnicima i u sadašnjem trenutku je bio veoma različit od savremenih režima rezanja, i oblast brzine rezanja je bila vrlo mala. I za takve blage režime rezanja klasičan oblik krive habanja sigurno odgovara i on vrlo teško može da se aproksimira jednostavnom parabolom $y = ax^n$.

Potreban je neki polinom koji ne bi mogao kasnije da se iskoristi bez nekih većih teškoća za izvodjenje izraza za otpornost na habanje. Međutim, savremena industrijska proizvodnja se danas odlikuje vrlo skupom radnom snagom i relativno jeftinim alatom. Prema tome danas treba da reżemo tako da radnik što manje bude uz mašinu, da on što manje radi, da bi ga manje platili, da bi troškovi proizvodnje bili manji, jer je on danas u razvijenom svetu skup, a alat i materijal su jeftini. Zbog toga su savremeni reżimi, koji su nastali posle 1950 godine i koji se danas lansiraju u industrijski razvijenim zemljama uglavnom znatno oštrije od onih koji su nekada bili. Registrovanjem krivih habanja za takve reżime pokazuje se da su krive habanja, na primer pri rezanju sa čeonim glodalima sa tvrdim metalom, sa strugarskim noževima sa tvrdim metalom, skoro prave linije. Takvih krivih ima veoma mnogo, na primer, u knjizi "Machining with Carbide and Oxide", koja je štampana negde 1962. godine na osnovu rezultata iz američkih instituta, a isto tako i u elaboratima IAMA iz Beograda u kojima je dato preko 500 krivih habanja. One su dobijene ispitivanjem čeonih glodala sa tvrdim metalom domaće proizvodnje, gde se išlo na reżime koje preporučuju proizvođači alata zapadnih zemalja kao što su Švedska, Z. Nemačka i dr. Zbog toga mislim da je za savremene uslove možda moguća u većini slučajeva aproksimacija krivih habanja parabolom $y = ax^n$, gde n - često puta može biti jednako jedinici. To smo mi u okviru istraživačkog programa Instituta konstatovali pri obradi čeonim glodalima sa tvrdim metalom i pri obradi livenog gvoždja i nekoliko vrsta konstrukcijskih čelika. Ostaje, naravno, kao problem da se ispita i oblast inicijalnog habanja za sve one proizvodne operacije i za sve one vrste alata čije krive habanja nisu ovako jednostavne, već imaju neki komplikovaniji oblik koji je bliži klasičnom obliku. Tu su na primer alati za izradu zavojnica koji su od brzoreznog čelika i koji rade sa malim brzinama rezanja iz drugih razloga, a ne zbog toga što ekonomska postojanost mora da bude velika itd.

Što se tiče referata kolege Š. Šavara, ja bih skrenuo pažnju samo na jednu stvar. U referatu je data skica gde su date komponente rezultujućeg otpora rezanja, horizontalna i vertikalna komponenta pri suprotnosmernom i istosmernom glodanju. U našoj literaturi kao i stranoj, naročito starijeg datuma, smer horizontalne i vertikalne komponente rezultujućeg otpora rezanja pri suprotnosmernom i istosmernom glodanju je tačno ovakav kako je kolega Šavar prikazao. Međutim, u ispitivanjima koja smo vršili zadnjih godina u okviru IAMA u Laboratoriji

na Odeljenju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, registrovali smo veoma veliki broj promena svih komponenti otvora rezanja pri glodanju i konstatovali da pri suprotnosmernom glodanju vertikalna komponenta sile rezanja ne deluje na gore, kao što je tu prikazano, već za dubine rezanja do pet milimetra deluje u suprotnom smeru. Sa ostalim primedbama koje je izneo glavni referent na rad kolege Šavara sam potpuno saglasan; prikazan uticaj na silu rezanja je ustvari tačno onakav kakav smo i mi dobili, ali to je ustvari uticaj koraka po zubu a ne brzine rezanja. Inače i naš eksponent koji prikazuje taj uticaj je negde oko 0,7 - 0,75 , što se slaže sa rezultatima kolege Šavara.

U vezi sa saopštenjem kolege E. Kuljanića želeo bih da kažem sledeće. Kolega Kuljanić je, kao što je to prikazano i u uvodnom referatu, ispitivanja vršio sa položajem ose glodala na sredini radnog predmeta. Medjutim, skrenuo bih pažnju na referat koji je kolega S. Zahar pripremio za ovo Savetovanje, i u kome je bio detaljno ispitan uticaj položaja ose glodala na postojanost alata. Ako se pogledaju te krive, vidi se da su to krive sa dva maksimuma, od kojih je jedan viši a drugi niži, i da uglavnom postoje dva položaja ose glodala u odnosu na širinu radnog predmeta koji daju najveću postojanost. Sva sistematska ispitivanja koja treba da omoguće zaključke o eksploatacijskim karakteristikama alata koji se ispituju ili o obradivosti materijala koji se obrađuje moraju da se vrše sa ovim optimalnim položajem ose glodala. Verovatno i opšti zaključak koji je kolega Kuljanić predložio o tome da tvrdi metal domaće proizvodnje, odnosno čelona glodala domaće proizvodnje ne mogu da budu upotrebljena za rezanje sa režimima rezanja koje preporučuju strani proizvođači, su možda posledica baš ovakvog izbora položaja ose u eksperimentalnoj tehnici. Jer, da je samo malo bila pomerena osa glodala u položaj optimalan za takvu vrstu proizvodnih operacija, onda bi Tejlorova kriva bila nešto viša u odgovarajućem koordinatnom sistemu, tako da bi optimalne brzine rezanja bile onakve kakve se preporučuju u prospektima Koromanta, Fagerste i drugih proizvođača tih alata. Moram ovde da kažem da smo mi godinu dana ispitivali pločice od tvrdog metala domaće proizvodnje (proizvodnja "Sintal"-a iz Zagreba) koje se mehaničkim putem pričvršćuju za reznu glavu, da su te pločice pokazale dobre kvalitete, da brzine rezanja koje preporučuju strani proizvođači mogu da se koriste i pri rezanju sa domaćim pločicama i da pri tome postojanost alata bude 180 min. Medjutim, pri ovom, moram da se ogradim, jer sam poslednjih meseci čuo u nekim preduzećima neke opaske da je "Sintalov" tvrdi metal

jako loš kod reznih glava, posebno kod čeonih glava. Ne znam šta je u pitanju, ali smatram da pri donošenju zaključaka o tome, je li taj naš domaći alat loš ili je dobar, treba biti možda malo oprezniji, a preporučio bih proizvođačima alata da povedu više računa o standardnom kvalitetu. Mogu sa sigurnošću da tvrdim da su pločice koje smo mi ispitivali, a kojih je bilo preko 50 komada, bile izvanredne, a ne znam da li su pločice koje sada proizvode isto takve. Prema tome, potrebno je imati jedno konstantno sistematsko praćenje kvaliteta tih pločica.

Elsó Kuljanić, dipl.ing., Zagreb. - I pored jasno i koncizno iznesene materije iz mogeg saopštenja "Neki parametri za eksploataciju glodaćih glava za glodanje sivog liva" pod oznakom OR 16. od strane Prof. Šolaje kao i zbog ograničenja prostora u Zborniku, odlučio sam da malo proširim i razjasnim neka pitanja koja možda nisu dovoljno obuhvaćena u saopštenju. Poznato je da postoje razni načini trošenja kod različitih uvjeta rezanja. Jedan način trošenja je difuziono trošenje koje najčešće nastaje kod većih brzina rezanja i povišene temperature rezanja. Prema poznatom ruskom istraživaču Zorevu pod pojmom difuzionog trošenja alata ne podrazumjeva se u užem smislu difuzioni prenos hemijskih elemenata, već jedan skup pojava vezanih za difuzijom. Neke od tih pojava su smanjenje tvrdoće uslijed fazne transformacije, smanjenje čvrstoće granice između kristala, plastično tečenje kontaktnih slojeva oslabljenih pojavom difuzije itd. Posljedice nekih od ovih pojava vezanih sa pojavama difuzije, naprimjer smanjenje granice čvrstoće između kristala mogu biti i mikrolomovi. U saopštenju S. Zahará, pod oznakom OR 11., dokazan je uticaj položaja ose čeonih glodala prema površini koja se obrađuje. Taj položaj je bio diskutiran i od prethodnog diskutanta, docenta Ivkovića. Dokazano je da je istosmjerno glodanje najpovoljnije, odnosno da je položaj najpovoljniji kada se postavi glodalo asimetrično na površinu koja se obrađuje, dok svi ostali položaji glodala daju manju postojanost. Razmotrio bih pitanje koji bi položaj čeonog glodala trebao biti kod vršenja pokusa postojanosti u laboratorijskim uslovima. To je pitanje podstaknuto od strane kolege Ivkovića. Moramo uzeti u obzir da je u interesu da dobijeni rezultati imaju što veću pouzdanost. Također treba uzeti u razmatranje i činjenicu da ponavljanjem pokusa pod potpuno istim uslovima neće se dobiti ista postojanost. Ako uzmemo T-v dijagram, ako uzmemo određenu brzinu, i taj pokus ponovimo više puta pod potpuno istim uvjetima, dobićemo različite postojanosti koje će

se rasipavati oko neke srednje vrijednosti. Ako uzmemo najpovoljnije uvjete kod vršenja pokusa, recimo asimetričan položaj glodaće glave u odnosu na izdelač, tako da bude istosmjerno glodanje, znači najveća postojanost, onda ćemo vjerojatno dobiti neki zakon koji će biti u gornjem djelu ili čak iznad njega. Ako ovu granicu označimo sa "A" a drugu sa "B", u idealnim slučajevima biće rezultati oko granice "A" ili iznad nje, što zavisi od uvjeta. Međutim, ako uzmemo srednji položaj, ili neki drugi nepovoljniji položaj glodaće glave možemo pretpostaviti da će rezultati pokusa, odnosno postojanost, varirati negdje oko "B", ili niže od nje, znači u donjim granicama. Pouzdanost tako dobijenih rezultata biće veća od ovog prvog slučaja pod idealnim uslovima. Kod primenjivanja naših rezultata u proizvodnji biće veća vjerojatnost da postojanost bude jednaka ili veća, ako je uzet srednji položaj ili neki drugi koji odstupa od idealnog položaja. Moje je mišljenje da se ta pouzdanost povećava ako se naši rezultati u laboratoriju nalaze u donjem delu rasipavanja, ili još ispod, nego ako se nalaze u gornjem dijelu. Zbog toga sam uzeo srednji položaj. Drugi razlog za srednji položaj leži u tome, da se u praksi vrlo rijetko zna za utjecaj položaja glodaće glave na postojanost. Mi smo vršili neka sistematska ispitivanja metodom trenutanih zapažanja u pogonima metaloprerađivačke industrije i ustanovljeno je da se u praksi radi uglavnom pri simetričnom postavljanju. Kod kraćih komada je čak podjednako da se postavlja simetričan položaj a ne asimetričan, s obzirom na različita vremena ulaza i izlaza glodala. Na temelju dokazanog uticaja kriterija istrošenja postojanosti alata, u saopštenju je dato na primjer da se postojanost glodaće glave povećava od 318 min. na 599 min. samo ako umjesto kriterija srednjeg istrošenja od 0,4 mm uzmemo istrošenje 0,5 mm., znači povećano samo za jednu desetinku milimetra. Stoga je dat predlog da se uz oznaku ekonomske brzine rezanja iznese i kriterij istrošenja za dotični slučaj, što je prije prof. Šolaja pomenulo, na primjer $v_{60/0,5}$. Tek na ovakav način označavanja imamo potpuno definiranu postojanost za određenu brzinu rezanja. Htio bih napomenuti da je diskusija doc. Ivkovića, danas i juče ujutru u vezi ekonomske brzine jako važna. Već bi trebalo raščistiti pojmove šta je ekonomska brzina i ona je samo rijetko v_{60} , v_{120} itd., već ekonomska brzina ovisi o još drugim ekonomskim faktorima. Smatram da je interesantan predlog prof. Šolaje da se za kriterij istrošenja uzme maksimalno trošenje stražnje površine. Ne slažem se sa doc. Ivkovićem da su rezultati koji su dati u mom referatu lošiji od inostranih, jer je napravljena jedna usporedba sa pločicama Widia, i pokazalo se, upore-

djujući jedne i druge rezultate za određenu postojanost, da se brzi-
na razlikuje za oko 2%. Mislim, budući da se vrše sistematska ispiti-
vanja tvrdog metala i komparacije domaćih i stranih, da naš tvrdi me-
tal, slažem se sa doc. Ivkovićem, uopće ne zaostaje za stranim, nego
ima niz stvari i kod korisnika alata, utjecaj geometrije i drugi utje-
cajni faktori, pa se onda svali krivnja na tvrdi metal. Dao bih jedan
predlog koji nije vezan uz ovu diskusiju. Smatram da bi bilo korisno
kad bi glavni referenti ubuduće prije savjetovanja poslali autorima
izvode iz svog glavnog izlaganja, glavnog referata koji se odnosi na
pojedinih autora kao što je ovog puta napravio prof. Šolaja, i na taj
bi način autori mogli pripremiti diskusije.

Branko P o p o v i ć, dipl.ing., Beograd. - Najpre želim da se za-
hvalim prof. Šolaji na oceni referata "Kinematika mašinskih urezni-
ka" i da dam odgovor na postavljenu primedbu. Fabrika reznog alata u
Čačku saradjuje već pune četiri godine sa Institutom, pri čemu je pre-
uzeta obaveza od strane ovog proizvođača reznog alata za finansira-
nje tri veća dugogodišnja projekta. U okviru ovih radova istraženi su
ovi elementi: statički elementi geometrije, kinematički elementi ge-
ometrije, uticaj vrste materijala alata, uticaj vrste materijala pred-
meta, uticaj kriterijuma zatupljenja alata, momenata, otpora, tačnos-
ti obrade i hrapavost obradjenih navojaka. Pri tome, i pored svih up-
rošćenja, obradjeno je oko 100.000 navoja, a na problemu istraživanja
obrade urezivanjem diplomiralo je i 8 diplomaca Mašinskog fakulteta.
Uočen je, međjutim, propust da se komentariše uzrok pojave loma zuba-
ca u povratnom hođu mađa je istaknuta potreba za ograničenjem polja
razmatranja. Razmatrani problem analizirali su već detaljno 1947. go-
dine sovjetski istraživač Titov, 1961. godine Aršinov, 1963 Sokolov-
ski i 1968 Matjejev, pa se može smatrati da je problem već uočen. Me-
đjutim ideja je bila da se dijagnostičira ovaj fenomen pri svakom po-
stupku urezivanja navoja, kao i da se učini napor za otklanjanje uz-
ročnih faktora. Snimljeni dijagram senzibilno pokazuje postojanje ne-
poželjnih negativnih momenata pri svakom pokušaju urezivanja dok je
ostali pozitivan moment pre urezivanja prisutan usled nesavršenosti
merača otpora. Definisani kinematski elementi geometrije omogućavaju
zaista snižavanje negativnih momenata otpora na najmanju moguću me-
ru. Međjutim, ako postavite sve zahtevane uslove pri urezivanju navo-
ja utvrdićete da je ureznik pukao ili u vrhu zupca ili je čitav odlom-
ljen ili je čitav ureznik prelomljen. Zašto je to tako? Zato što nije

uskladjena kinematska geometrija i statika geometrije. Konkretan primjer: pri urezivanju navoja sa ureznikom, navoja M2, pri čemu se postavlja statički grudni ugao 6° , kinematički grudni ugao, tj. stvarni ugao koji se formira u procesu rezanja nije ni 10 ni 20 već ravno 53° , znači devet puta veći. A to je bio i cilj i suština ovog referata.

Mgr. Šime Šavara, dipl.ing., Zagreb ^{x)}. - Zahvaljujem se prof. V. Šolaji na kritičkim primjedbama uz rad OR - 4 štampan u ZBORNIKU SAOPŠTENJA - V SAVJETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA (II knjiga) i želim dati neka objašnjenja:

1. - a) Rad u datom obimu nema još završni izgled. On je trebao da posluži kao početni rad u izučavanju utjecaja brzine rezanja na momenat i komponente sile rezanja.
 - b) Ispitivanja, kod konstantne posmične brzine s' [mm/min], a ne, kod konstantnog posmaka (koraka) po zubu s_z provedena su zato, što Laboratorij za alatne strojeve - Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu ne raspolaže sa glodalicom koja ima bezstepenu regulaciju brojeva okretaja i bezstepenu promjenu posmičnog kretanja radnog stola.
 - c) Ovim ispitivanjima želeo sam provjeriti još i ispravnost rada uređaja za mjerenje komponenti sile rezanja i momenta, a koji uređaji su izradjeni da bi se tim ispitivanjima moglo započeti.
2. - Uz primjedbu koja se odnosi na moj prvi parcijalni zaključak, kako to kaže referent: "Zaključak o znatnom utjecaju brzine rezanja na momente i sile u intervalu primjenjenih brzina $v = 11-26$ m/min može da dovede do zabune ..." , mislim da se tako ne može tumačiti.

U prvom parcijalnom zaključku ja komentiram samo rezultate provedenih mjerenja i želio sam pokazati kakvu tendenciju imaju sile i momenti kod ovih ispitivanja, zbog toga i kažem u prvom parcijalnom zaključku: "povećanje brzine v smanjuje momenat torzije, horizontalnu i vertikalnu silu" .

Iz citiranog teksta vidi se da ne govorim o znatnom utjecaju, pa čak ne govorim ni u kojem postotku se vrši taj utjecaj. Prof. V. Šolaja u završnom dijelu te svoje prve primjedbe mislim da po-

x) Pismenim putem dopunjena usmena diskusija Mgr. Š. Šavara

tvrdjuje to isto kad kaže: "Svakako, međjutim, stoji činjenica da pri konstantnoj brzini pomoćnog kretanja s' mjerenoj u mm/min i pri izmjerenoj veličini s_z sa brzinom rezanja v valja očekivati uočene varijacije".

3. - Moj komentar pod rednim brojem 2 odnosi se samo na algebarske razlike relevantnih podataka sa odnosima veličina datih na slikama 4 - 6 u radu, a nikako na odnose koji proizilaze iz matematskih izraza na temelju daljnje analize.

Uz izvedenu tabelu na temelju podataka iz Tablice 1, prema kojoj bi se moglo doći do suprotnog zaključka, kako to kaže referent potrebno je objasniti slijedeće:

- a) Tabela izvedena sa srednjim vrijednostima koeficijenta pravca regresije za iste brzine rezanja i za iste posmične brzine izgledala bi ovako:

Korak s'	M_{sr11}/M_{sr26}	F_{H11}/F_{H26}	F_{V11}/F_{V26}
$s' = 12 \text{ mm/min}$	1,95	2,02	2,13
$s' = 68 \text{ mm/min}$	1,95	2,02	2,13
Indeks 11 i 26 odnose se na brzine rezanja $v = 11$ i $v = 26 \text{ m/min}$			

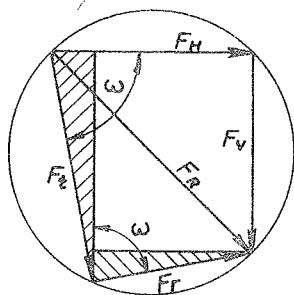
a ovi rezultati nikako ne mogu dovesti do suprotnog zaključka.

4. - Slažem se sa referentom, da kod primjene aritmetičkih sredina za vrijednost koeficijenta pravca regresije, treba izvršiti odgovarajuću korekciju koeficijenata C_1 što je i predviđeno u nastavku ovog rada.
5. - Uz primjedbu "da nije sigurno da će vertikalni komponentni otpor F_V prema slici 3 u radu biti usmjeren naviše, već je on usprkos nizu sličnih ilustracija u literaturi usmjeren naniže", potrebno je dati slijedeće objašnjenje:

- a) Na slici br. 3 koja prikazuje sile na jednom zubu glodala, ne radi se o prikazu nekog konkretnog slučaja, već mi je samo bio cilj dati prikaz sila i njihovih oznaka, da jasnije označim sile koje ću kroz ispitivanje mjeriti.

Poznato mi je da se sila F_V mijenja po pravcu i veličini na liniji zahvata zuba glodala i da je ona upravo funkcija kuta

zahvata " ω ". Ako bi željeli za jedan konkretni slučaj utvrditi da li je taj komponentni otpor usmjeren naviše ili naniže, morali bi znati za koji kut zahvata " ω " crtamo predočene sile ili pak da nacrtamo jedan drugi dijagram u kojem bi predočili vertikalnu silu u zavisnosti od kuta zahvata zuba glodala. U takvom dijagramu dobili bi krivulju, koja bi nam pokazala do kojih vrijednosti " ω " je taj otpor naniže a od kojih je okrenut sa svojim smjerom naviše. Ako nacrtamo kružnicu sila, tada za vertikalnu silu F_V glasila bi formula:



$$F_V = F_R \cos \omega - F_t \sin \omega .$$

Iz slike vidimo da je međusobni položaj ovih sila vezan kutem ω , pa ako u jednađbi dodje da je vrijednost

$$F_R \cos \omega = F_t \sin \omega$$

tada će vertikalna sila biti jednaka nuli. Kada imamo situaciju da postane $F_t \sin \omega < F_R \cos \omega$ dolazi do podizanja izratka, u tom slučaju nam je vertikalni otpor F_V okrenut naviše.

Miloš Kaplarević, dipl.ing., Beograd. - Želim da kažem nešto o radu "Obradivost nekaljenog i poboljšanog čelika super finišem". Oblast primene metode superfiniš kao alternativne završne obrade metala, odnosila se do sada na komade valjkastog i konusnog oblika, i na delove sa ravnim obrtnim površinama. Korišćenje superfiniša pri obradi otvora sa ciljem postizanja visokog kvaliteta je jako aktuelno, pošto je poznato da zbog pogoršanih uslova pri obradi otvora kvalitet površine zaostaje iza kvaliteta površina pri obradi spoljašnjih površina. Pokušali smo da primenimo ovu metodu i za obradu cilindričnih otvora, a daću kratke podatke o familiji pneumatskih glava koje su za sada još u stanju prototipova koji se ispituju. Jedan od prototipova izložen je na Savetovanju i imali ste priliku da ga vidite. Prototipovi pneumatskih glava za obradu cilindričnih otvora priključuju se na postojeće jedinice POUS, koje su razvijene u IAMA. Planirana je obrada otvora do 18 mm, dužine do 400 mm. Maksimalni prečnik za sada ne planiramo veći od 175 mm. Na ovaj način želimo da u potpunimo tehnološke mogućnosti pneumatskih jedinica za obradu super-

208

finišom obradom cilindričnih i konusnih otvora. Uz ovo imamo nameru da ispitamo i mogućnost obrade površina torusnog oblika, kao i adaptacije jedinica POUS za obradu protočnim superfiniširanjem. Jedinice koje će obradivati otvore dimenzija koje sam naveo imaće četiri člana u familiji, s tim što će se najmanji član koristiti za otvore 18 - 38 mm, sledeći 32 - 58 mm, zatim 54 - 106 mm i zadnji za otvore 100 - 170 mm prečnika. Za sada smo postigli obradjene površine otvora u kvalitetu 3 po JUS-u, a nadamo se da će ti rezultati biti i bolji. Na sledećem Savetovanju ili u našim publikacijama bićete o tome obavesteni.

Davor D u ž e v i ć, dipl.ing.fiz., Zagreb.-Ja ću se ograničiti samo na pitanja, s obzirom da mi prof. Solaja u svom kritičnom sveobuhvatnom osvrtu nije namenio odbrambeni položaj. U svrhu što efikasnije praktične eksploatacije informacija sa ovog Savetovanja, zamolio bih druga M. Jovičića da mi objasni neke stvari iz svog rada. Prvo, čini mi se da nisam našao kakav je položaj brazdi bio od prethodnog, grubog brušenja na njegovom aparatu. Drugo, ne zadovoljava me objašnjenje učinka dijamantske paste DP 60 u odnosu na dijamantsku pastu DP 28. On kaže da je ta pasta neefikasna i u pogledu skidanja i u pogledu konačne hrapavosti površine, zbog toga što sitnije čestice nemaju adekvatno delovanje, što se gubi učinak sitnijih čestica. Ne zadovoljava me stoga što je odnos gruboće površine spram dijametra dijamantske paste, koliko sam ja mogao zaključiti iz toga 1 : 300 do 1 : 200 . Osim toga nije opće iznešeno kakav je odnos fine frakcije dijamantskih zrnaca spram grube frakcije. Na osnovu iskustva sa merenjem dijamantskih prahova koje sam izveo za tvornicu u Zagrebu, mogu reći da se te frakcije dobijaju sedimentacijom u vodi i da su jako oštro ograničene. Drugim riječima, frakcija je određena strogo od recimo 28 mikrona do 60 mikrona za pastu. Kad se kaže dijamantska pasta od 2 - 5 mikrona onda stvarno ispod 2 i iznad 5 mikrona nema više od 5% ukupne težine uzoraka. Dalje, nije mi jasno kako razumjeti da je porast uzdužnog koraka tvrdog metala koji se polira suprotan svim ostalim učincima, a posebno mi nije jasno kako to da se sa povećanjem tog pomaka dobije i veća hrapavost i manje efikasno skidanje. Čini mi se da je to kontraverzno, to nije pokušano da se objasni u radu. Nadalje me zanima da li postoji namera da se ispita i poliranje tvrdog metala K05 sa Al_2O_3 .

Sledeća napomena odnosi se na dobar dio referata od osamnaest koliko

ih je pripremljeno. Radi se o slijedećem. U nekim od tih saopštenja, specijalno kod drugova iz Slovenije i kod još nekih ne kaže se koji je proizvođač alata, čak ni da li je domaći. U svrhu što bolje, efikasnije praktične eksploatacije ovih saopštenja baš bi to trebalo. Dozvoljavam sebi mišljenje da mi svi, specijalno proizvođači tvrdog metala, vršimo uporedbu i ako se na primjer nama kaže da Koromantov ili neki drugi, Krupov, tvrdi metal može da postigne to i to, od prilike možemo zaključiti šta će postići naš tvrdi metal. Prema tome, za uspješnu praktičnu eksploataciju tvrdih metala bilo bi potrebno strogo definiranje proizvođača tvrdog metala i njegova oznaka. U nekim se radovima, specijalno u radu jednog druga iz Slovenije, govori da je upotrebljen tvrdi metal ili sinterovani karbidi, što je, mislim, daleko od preciznosti. Po istom tom pitanju zahvaljujem drugovima iz Kragujevca koji su naznačili da se radi o SV 25 proizvodnje SINTAL, koji je jedan od naših, uzgred rečeno, najboljih vrsta tvrdog metala uz KO5 i K10. Posebno se zahvaljujem drugu doc. B. Ivkoviću i drugu E. Kuljaniću i ako se oni međusobno ne slažu. Dalje pitanje se odnosi na referat druga Dr. D. Vukelje gde on na kraju kaže da se trošenje može pripisati pored faktora temperature i jednom drugom faktoru, slažem se da se pored toga radi i o kemizmu oksidacije mikrogalvanskih elemenata između baze i karbida. Nisam siguran da bih mogao sam napraviti teoriju kako se to dešava, a uvjeren sam da on to zna, to bih molio da mi pobliže objasni. To je jedno pitanje, a drugo se ne usuđujem postaviti sasvim direktno nego indirektno. Radi se naime o tome da u tom referatu nisam našao da je i porozitet tvrdog metala jedan od uvjeta njegovog trošenja na površini. Medjutim, ja sam to vjerovatno od njega čuo iz usmenog našeg razgovora prije neki dan, te bih ga molio, ako insistira na tvrdnji da je i porozitet tvrdog metala u pitanju kod trošenja, da i to objasni, a specijalno red veličina tog poroziteta. Ja, naime, nisam siguran da bi to moglo stajati.

Mgr. Jelena S t a n k o v, dipl.ing., Novi Sad. - Dr. H. Muren mi je postavio dva pitanja. Da li je jednačina iz krutosti na strani 9.3. tačna ili se radi o štamparskoj greški. Moram da kažem da kada sam primila Zbornik da sam pogledala poslednju stranu da vidim da li postoje ispravke štamparskih grešaka. I ne postoje. I zato koristim priliku da kažem da je štamparska greška, jer kao što je poznato krutost je ravna $1/c = 1/c_p + 1/c_d$, gde je c_p - krutost zavojnog dela, a c_d - krutost drške. Znači, "+" umesto "x". Što se tiče drugog pi-

tanja, da li su ispitivane deformacije u aksijalnom smeru do kojih dolazi zbog torzionih naprezanja, mogu da kažem da na prototipu uređaja koji je konstruisan tako da se na njemu mogu simulirati i meriti opterećenja i naprezanja koja su smatrana da su primarna kod bušenja, a to je torzija, nije razvijena neka praktična instrumentacija koja bi merila deformacije u aksijalnom smeru u toku ispitivanja. Prema tome, u toku opterećenja torzionim momentom do neke određene maksimalne veličine nije merena i aksijalna deformacija. Međutim, merene su trajne deformacije koje su nastale posle opterećenja maksimalnim elementom, pošto je burgija merena pre i posle ispitivanja. Slažem se sa Dr. Murenom da ove deformacije dovode do povećanja preseka strugotine, a samim tim dovode i do torzionih oscilacija. Baš je ovaj problem tretiran u drugom delu projekta iz koga je i proisteklo ovo saopštenje o krutosti burgije. Tamo je bila obradjena problematika nastajanja torzionih oscilacija usled promene preseka strugotine i uticaj torzionih oscilacija na zamor burgije. Međutim, tema ovog rada je bila promena krutosti u zavisnosti od promene dimenzionih parametara vrha burgije, to jest, uporedno ispitivanje krutosti koje se dobijalo preko merenih ugaonih deformacija i u zavisnosti od torzinog momenta.

Doc. Sava Sekulić, dipl.ing., Novi Sad. - Na osvrt iznesen u uvodnom referatu prof. V. Šolaje odgovorio bih sledeće: svaka eksperimentalna kriva $b = f(t)$ za određenu brzinu rezanja koja je konstantna kompletno reprezentuje habanje alata na površini koja se posmatra pri stvarnim uslovima rezanja, a ubrzanje habanja kako je i sam referent naveo može da ima određeni fizički smisao u vezi sa gubitkom radne sposobnosti alata. Kao dopunsko objašnjenje mogao bih dati da praćenje promene karakteristične veličine habanja i brzine habanja ne daju podatke na koji način se neposredno i docnije odvija proces habanja, pa je to bilo presudno kada sam kao kriterijum predložio određenu veličinu ubrzanja habanja. Kako se veličina dozvoljenog pojasa habanja pri variranju brzine određuje iz familije krivih $b = f(t)$ pri konstantnom preseku strugotine i ostalim istim uslovima, to je lako zaključiti da se radi o uslovima koji odgovaraju približno istim silama pri rezanju. Kao što je u saopštenju izneto, određivanje perioda postojanosti na osnovu troškova materijala, nadnica, mašina i troškova izraženih u funkciji habanja može znatno varirati i, da se malo izrazim matematički, funkcija je koordinata i vremena. Kolega B.

Ivković je u svom radu koji sam citirao u referatu u literaturi pod [6] pokazao da proizvodni troškovi imaju vrlo mali uticaj na veličinu perioda postojanosti. Što se tiče praktične primenljivosti smatram da je za sada moguće reći da pri konstantnom preseku strugotine i ostalim uslovima, pri variranju brzine rezanja, veličina dozvoljene vrednosti habanja koje im odgovaraju su u medjusobnoj vezi uslovljenoj baš predloženim kriterijumom d^2b/dt^2 . Tehnička obrada rezultata ispitivanja izvedena je pažljivo na osnovu dovoljnog broja podataka i ne bi trebalo izražavati sumnju, medjutim, uobičajeno je da se postupak ne iznosi u ovakvim radovima. Pouzdanost metoda zbog primene grafičkog diferenciranja ne bi smelo da bude problem, to je stvar tehnike i ona se može uz odgovarajuću pažnju izvesti sa odgovarajućom tačnošću. Što se tiče brojčanih vrednosti dozvoljenih ubrzanja, njihove velike razlike za posmatrane dve vrste materijala koji se obradivao ne bi smele da dovode do zabune. Ako posmatramo karakter promene krive $b=f(t)$ možemo zaključiti da početku treće faze rezanja odgovaraju nagle promene gradijenta db/dt , te sa relativno malim varijacijama širine pojasa habanja, na primer za posmatrane obe vrste materijala od 0,5 - 1,2 mm, menjaju se odgovarajuće promene perioda postojanosti za prvi materijal od 7 do 50 min, a za drugi od 15 do 150 min. Pored toga, veličina dozvoljenog ubrzanja uslovljena je veličina o kojoj ću nešto docnije reći. Veličina dozvoljenog ubrzanja pri promenljivom preseku strugotine nije u radu razmotrena i to će biti predmet naših budućih ispitivanja čije su pripreme u toku. Po tom pitanju donošenje zaključaka sa bilo koje strane, lično smatram da je malo preuranjeno, tako da je kritika koja je danas bila najviše upućena na referat koji sam ja uradio mislim da je umesna, ali možda malo preoštra. Po pitanju diskusije druga J. Stanića ja mislim da ovim mojim radom nikako nisam ni pokušao, a to mi nije bila ni želja, a kamoli namera, da osporavam radove koji su proistekli u IAMA. Medjutim, kada sam ja u svom radu vrlo kratko naveo, možda ne sumnje u fundiranje postavke tih radova koji su onoliko koliko su javnosti toliko i meni poznati, ja sam samo hteo da ukažem na jednu složenost svih potrebnih podataka da bi se odredila postojanost nekog alata. Posle ove kratke primedbe koju je dao drug Stanić u vezi sa primenom tih dostignuća iz IAMA ja mogu samo toliko da kažem da sam pri predlogu ovog novog kriterijuma bio rukovodjen da se jedan takav kriterijum može u jednoj razvojnoj laboratoriji, u nekoj fabrici na primer, koristiti. Medjutim, primena računskih mašina, odnosno elektronskih računara čini mi se da predstavlja jednu

dalju budućnost, a isto tako nije u našim proizvodnim preduzećima u pitanju velikoserijska i masovna proizvodnja gde bi mogli za svaku konkretnu operaciju i svaku mašinu odredjivati postojanost. Bio sam sklon da ovim mojim predlogom dam mogućnost da se pri postavljanju Tajlorove krive, odnosno prave u logaritamskoj mreži, konstrukcija krive habanja može u proizvodnim uslovima vrlo lako dobiti korišćenjem samo jedne solidne lupe. Moguće zato što sam ja bio dugo godina u praksi, i znajući kako se uvode rezultati iz literature da ne kažem konkretni naučni rezultati u primenu, mislim da je teško uvesti u jednom preduzeću optimalne podatke za režime obrade dobivene za svaku pojedinačnu operaciju. Još bih hteo jednom da se izvinem i da uverim i ovaj skup, a i drugove iz IAMA, da moj rad nikako nije imao nameru da poljulja rezultate ispitivanja IAMA.

Milutin Zdravković, dipl.ing., Kragujevac. - Na ovom Save-
tovanju mnogo smo čuli iz oblasti rezanja, ali teme se uglavnom odno-
se na brzine rezanja, habanja alata i stabilnost alata. Međutim, ako
posmatramo razvoj brzina rezanja možemo konstatovati da je glavni fak-
tor povećanja brzine rezanja razvoj materijala za izradu reznog alata.
Svakako da ostala istraživanja koja su doprinela povećanju brzine re-
zanja uz povećanje ekonomičnosti u proizvodnji kao i produktivnosti
ne treba zanemariti, ali smatram da ova istraživanja trebaju biti po-
vezana sa razvojem materijala, brzoreznog čelika i tvrdog metala koji
su danas najaktuelniji za proizvodnju reznog alata. Ako se osvrnemo
na uslove koje konstrukter pri konstrukciji, eksploataciji i održava-
nju reznog alata treba da ima u vidu, možemo biti zadovoljni sa sta-
njem kod strugarskih noževa i da ima dosta podataka za izbor materi-
jala, kako brzoreznog čelika, tako i tvrdog metala. Poznata je činje-
nica da se postojanost alata i brzina rezanja mogu povećavati kod kva-
litetnijih brzoreznih čelika, kao što su čelici sa visokim sadržajem
kobalta i slični čelici, i kod različitih kvaliteta tvrdog metala. Me-
đutim, kod alata koji imaju teže uslove rada, kao što su glodala, još
nisu raščišćeni pojmovi o pravilnom izboru kvaliteta materijala za iz-
radu alata. Ako se osvrnemo na uspehe domaćih proizvođača alata koji
proizvode rezni alat, i to na Industriju alata Trebinje ili Fabriku
reznog alata u Čačku, smatram da je preduslov za napredovanje u pro-
izvodnji reznog alata bio pažljiv izbor materijala za proizvodnju po-
jedinih vrsta alata. Što se tiče objavljenih radova smatram da su ra-
dovi doc. B. Ivkovića, S. Zahara i R. Mitrovića vrlo pristupačni za

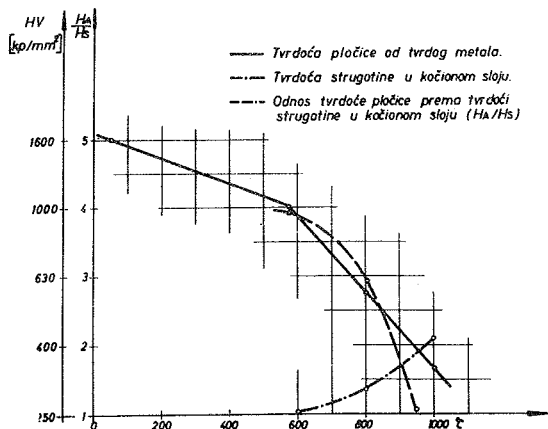
primenu u industriji. Smatram primedbu koju je kolega dao na položaj glodaće glave u odnosu na radni komad, gubitak zbog veličine prilaza smatram da je zanemarljiv, pošto ti alati rade sa velikim posmacima od oko 500 mm/min pa naviše. S druge strane prof. V. Šolaja se osvrnuo na podatak druga Mitrovića na veličinu pojasa habanja kod glodaćih glava koji je naglasio da pojas habanja ne treba da predje polovinu pločice. Smatram da je autor u pravu: pošto pločice imaju 8 reznih ivica, da bi se koristila i druga strana pločice smatram da pojas habanja treba da bude manji od polovine debljine pločice. Možda je profesor mislio da se radi o pločicama koje se leme na alat. Drug Ivković je napomenuo odstupanja kvaliteta tvrdog metala kod glodaćih glava domaćih proizvođača i proizvođača iz uvoza. Ja bih ovom prilikom hteo da skrenem pažnju da u ovom slučaju može da dodje do pogrešnih zaključaka. Ja ću da navedem jedan primer iz prakse. Koristio sam tvrde metale za glave sa promenljivim pločicama švedske firme "FAGERSTA". Rezultati su bili odlični i hteo sam da ih uporedim sa domaćim proizvođačima. S obzirom da kvalitet P 20 Fagersta obeležava sa S_3 , i ne obraćajući na to pažnju, preporučio sam svojim saradnicima da ih obezbede od Sintala, Zagreb. Kako kvalitet P 20 prema ISO odgovara SV 20 Sintala, tražen je kvalitet SV 30 koji odgovara DIN-u S_3 . Ti rezultati su bili daleko slabiji nego što su postignuti sa Fagerstinim rezultatima. Međutim, kada sam uzeo da razmatram problem konstatovao sam da je pogrešna bila oznaka na tvrdom metalu. Međutim, pri ispitivanju kvaliteta SV 20 konstatovao sam da su odstupanja tvrdog metala Sintal u odnosu na Fagerstu neznatna. Mislim da je proizvođač tvrdog metala iz Zagreba postigao veoma dobar kvalitet pločica za mehaničko pričvršćivanje na reznim glavama.

Što se tiče rada o hladnom zavarivanju materijala na sečivo koji je obradjen u referatu Dr. D. Vukelje, smatram da je bilo veliko zalaganje, dosta je tu napisao diferencijalnih jednačina i upotrebljeno diferencijalne geometrije, a da su rezultati isti kao što ih je prof. Šolaja objavio pre desetak godina, da su iste kritične brzine kod kojih se javlja hladno navarivanje strugotine na sečivu alata. Ovaj problem posebno stoji u proizvodnji pri obradi žilavih materijala koji u početku rezanja imaju velike plastične deformacije, dok se problem izbora zone koje su opasne za stvaranje hladnog varenja za sečivo ne može se svuda izbeći. Ovo je najveći problem kod spoljašnjeg i unutrašnjeg provlačenja i smatram da autor treba da traži rešenja i preko drugih veličina, a ne samo preko brzine rezanja. Ta je veličina na primer pomak: poznato je da pri manjim posmacima svarenje će se pre

pojaviti nego pri velikim, pošto sečivo nikad nije idealno presek dve ravni već postoji greška, a i u radu zatupljenje, pa se ispred sečiva javlja uvek veliko klizanje što dovodi do velikog trenja i stvaranja toplote i do hladnog varenja materijala. Kao drugi element treba ići na sredstvo za hladjenje: vrlo se dobro otklanja taj nedostatak obradljivosti materijala primenom odgovarajućih sredstava za hladjenje koja sadrže metalne soli i sa kojima se postojanosti može povećavati na preko deset puta. Kao treći element je brzina sredstava za hladjenje. Smatram da treba naći najveću primenu u hladjenju pri obradi rezanjem, jer to je jedini faktor koji omogućava na primer bušenje dubokih rupa koje su preko deset prečnika od prečnika burgije. Što se tiče referata o stabilnosti alata, smatram da je ovo od značaja. Međutim, kod burgija autor ne kaže zbog čega je taj element važan: da li zbog loma alata ili zbog njegove postojanosti. Lom alata ima uticaj samo kod malih burgija, dok kod većih smatram da taj problem neće imati nekog velikog značaja pošto su alati stabilni na pritisak i uvijanje. Međutim, smatram da je element stabilnosti alata od velike važnosti za druge vrste alata, kao što su strugarski noževi ili vretenasta glodala. Kod vretenastih glodala je vrlo važna stabilnost alata pošto je glodalo uklješteno na jednoj strani dok je drugi kraj slobodan; glodalo je pritom opterećeno na uvijanje i pritisak. Iz razloga stabilnosti vretenastih glodala smatram da u serijskoj proizvodnji i sa velikim dubinama rezanja nije moguće primenjivati standardne alate. Rusi su je 1966 godine menjali svoje standarde, kratili dužine između uklještenja i vrha sečiva, a u Jugoslaviji je standard vretenastih glodala donet pre dve godine. Interesantno je da su pored ovoliko naučnika koji se bave ispitivanjem alata u donošenju takvog standarda prvi učestvovali visokokvalifikovani radnici. S obzirom da sam se našao na zasedanju kada se usvajao standard glodala, ja sam sa svojim objašnjenjima uspeo da se stabilnost glodala poveća i da se glodala kao prioritarna ubuduće proizvode sa manjom dužinom, a kao alternativa su ostala dosadašnja glodala sa nešto većom dužinom. Što se tiče rada kolege B. Popovića o lomljenju ureznika, smatram da je to takođe važno za proizvodnju. Prof. Šolaja je izrazio sumnju da se alat lomi u povratnom hodu zbog malog otpornog momenta. Smatram da taj otporni moment ne utiče na lomljenje alata, a i kolega koji je referisao nije naglasio da se lomi ureznik već da se lomi zub ureznika. Ja mislim da je to moguće s obzirom na malu otpornost vrha zuba da primi negativni moment. Drugi uzrok loma alata može se tražiti u odstupanju od saosnosti ose alata sa osom prethodno izbušene rupe.

stvar koju sam hteo da istaknem je pitanje saradnje kolega iz instituta i stručnjaka iz proizvodnje: konstatovano je da je saradnja između stručnjaka instituta i stručnjaka iz inostranstva daleko veća nego saradnja stručnjaka iz industrije i domaćih instituta.

Dr. Dušan Vukelja, dipl.ing., Beograd. - Hteo bih da odgovorim drugu Duževiću na pitanje, habanje i hemizam osnovne bazei uticaj intenzivnosti oksidacije pri habanju tvrdog metala. U našim ispitivanjima tvrdog metala koja su vršena u dijapazonu brzina rezanja 100 - 300 m/min, usled velike brzine deformacije i velikog intenziteta de-



Slika 1.

formacije i same deformacije, primećeno je da strugotina veoma intenzivno jača u procesu rezanja. Dok, međutim, u tvrdom metalu, samoj pločici nikakve deformacije ne postoje, niti ima nekih drugih izvora koji bi uticali na jačanje tvrdog metala, ali zato postoji izvor toplotne energije tako da se tvrdoća tvrdog metalu snižava pod delovanjem tog izvora. Merenja pokazuju da se tvrdoća tvrdog metala u zavisnosti od temperature snižava po ovom zakonu (slika 1), po zakonu prave linije, dok tvrdoća strugotine zavisi po zakonu ove donje linije, tako da se dešavaju trenuci kada tvrdoća strugotine postaje veća od tvrdoće tvrdog metala. To je trenutak kada nastaje, po našem mišljenju, plastično habanje tvrdog metala. Pri tim ispitivanjima, merena je tvrdoća u korenu strugotine, koja je dobijena trenutnim zaustavljanjem (fiksiranjem) deformacije u zoni rezanja. To je ispitivanje vršeno na malougljeničnim čelicima usled čega nije moglo doći do transformacije mikrostrukture, kaljenje ili sl., tako da ti rezultati, odnosno tvrdoća izmerena na tim uzorcima odgovara približno, ne tačno, tvrdoći strugotine u procesu rezanja. Dešavalo se u toku izvođenja opita da se pri brzinama, na primer, od 250 m/min. i pomaku 0,63 mm/o, vrh alata plastično deformisao, prosto se savio. Dalje su vršena ispitivanja uticaja korozije. Pločice tvrdog metala zagrevane su u peći, pri tome jedna pločica je bila nezaštićena, a druga zaštićena u ugljenom prahu i videli

smo da nakon grejanja od oko pola sata na temperaturi od 1000-1200°C, došlo do vrlo intenzivne oksidacije (slika 2) nezaštićene pločice. Mi

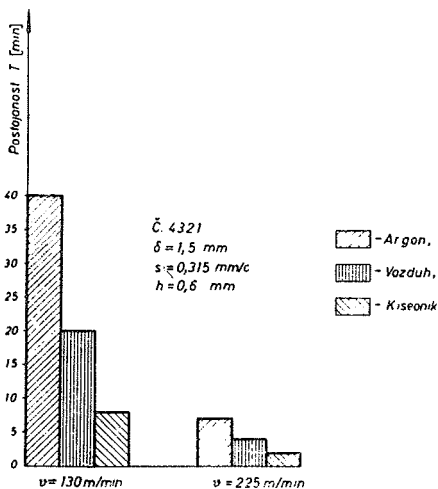


Slika 2.

imamo te rezultate koji su dati u Elaboratu IAMA. To je što se tiče praćenja oksidacije na jedan ovakav način, samim grejanjem. Mi smo pratili uticaj oksidacije u samom procesu rezanja. Stim u vezi vršena je obrada u

zaštićenoj atmosferi sa argonom, zatim obrada na vazduhu i sa duvanjem kiseonika u zonu rezanja. Pri ovim uslovima, postojanost je bila ista (brzine rezanja oko 225 m/min.). Pri manjim brzinama $v < 160$ m/min. najveća postojanost dobijena je pri obradi duvanjem argona, a

najmanja duvanjem kiseonika (slika 3). Na osnovu toga mi smo zaključili da kod većih brzina dolazi uglavnom do plastičnog habanja tvrdog metala. Sam mehanizam, što drug Dužević postavlja pitanje, mi znamo da između dva raznorodna metala u kontaktu postoji električni potencijal, također znamo da je jedna vrsta karbida plus osnova najprostija struktura tvrdog metala, znači kobaltna osnova sa recimo volframovim karbidom predstavlja (na osnovu elektrohemijske teorije korozijske) jedan mikrogalvanski element (slika 4) koji pod delovanjem temperature razvija intenzivnu korozijsku. To se vidi iz rezultata koji su dobiveni u procesu rezanja a isto tako grejanjem pločice u zaštitnoj i nezaštićenoj

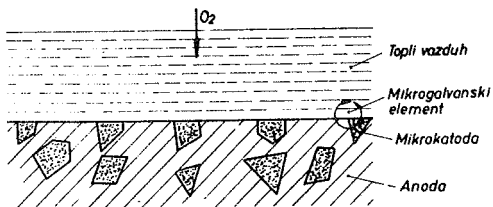
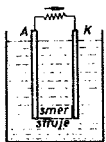


Postojanost u zavisnosti od sredine u kojoj se vrši obrada.

Argon - zaštićena sredina,
 Vazduh - nezaštićena sredina,
 Kiseonik - agresivna sredina.

Slika 3.

atmosferi. Hteo sam da iskoristim priliku da postavim pitanje drugu Mitroviću u čijem radu stoji, "da nakon analize rezultata, stepen ob-



Slika 4.

radivosti za Č.54.21 je znatno niži od onog prethodnog i da usled toga treba izbegavati primenu tvrdog metala pri obradi ovog čelika sa tim pločicama koje su ispitivane".

Pitanje: Da li takav zaključak može da se prihvati?

Prof. Dr. Rudolf Zdenković, dipl.ing., Zagreb. - Poštovani drugovi i drugarice, dozvolite mi da na kraju ovog Savjetovanja uzmem par riječi onako kako mi iz srca dolaze i da se tom prilikom osvrnem na jedan širi aspekt, ne na današnji dan, jer je današnji dan kao što smo vidjeli od Prof. Šolaje već toliko u detalje razradjen bio da je i odgovarajuću diskusiju izazvao tako da tu stvarno više ne bi se moglo što dodati ili ne bi bilo zgodno s obzirom i na vrijeme koje je već odmaklo. Medjutim, ono što bih hteo da kažem je slijedeće. Mi sada evo imademo peto naše Savjetovanje. Pet godina je prošlo, pet puta smo se sastajali i na tih pet savjetovanja prošlo je ili izneseno je toliko raznih referata da bi mogli jedan stanoviti statistički podatak, jedan stanoviti zaključak iz toga izvesti. Šta je zapravo od svih tih referata u većini slučajeva iznašano bilo i da li smo mi onu zacrtanu našu liniju s time potpuno i zadovoljili. Ja sam se pre svojih 6 ili 7 godina jedanput bio sastao sa Prof. P. Stankovićem i izneo kao nameru da bi ovakva savjetovanja osnovali. U ono doba niti je on niti smo mi bili dovoljno jaki za to. U Zagrebu sam se posle toga par puta sastajao sa poduzećem "Prvomajska" i tu nismo mogli to ostvariti. Medjutim, samo od sebe došlo je do toga da je Institut koji je u našoj zemlji najjači, Beogradski institut, uzeo organizacionu inicijativu i ostvario to, na čemu treba svakako da mu zahvalimo svi zajedno koji smo tu i čitava naša industrija. Sada dolazi upravo ono pitanje, što smo napravili dosada i kamo trebamo dalje. Ako pregledamo sve naše referate, onda možemo reći da je većina tih radova proistekla iz želje ili iz potrebe za afirmacijom pojedinaca ili instituta. To je svakako u redu dotle dok treba započeti nešto, dakle treba nešto pokazati. Medjutim, moramo reći ili priznati da stvarnih industrijskih radova, industrijskih zadataka, direktnih naloga industrije i njihovih ostvarenja i time pomoći direktno industriji, osim onog što drugovi čuju ovdje ne znam da li je bilo jako mnogo. Prema tome držim da upravo to vrijeme uhođavanja, to vrijeme afirmacije je bilo dovoljno, da bi se sada trebalo nastaviti uglavnom u dva pravca. S jedne strane da se dade mogućnost onim ljudima koji žele naučno raditi, da svoje sposobnosti i ambicije zadovolje, ali s druge strane da dademo što veću mogućnost i što veću poentu na rad za industriju. Naravno, da niti instituti niti fakulteti to ne mogu inicirati. Nažalost, medju našim sudjeonicima ovdje, iz godine u godinu, imade premalo onih koji bi zapravo trebalo tu biti, a to su rukovodioci radnih poduzeća. Drugovi ovdje čuju, istina, mnogo zgodnih, lijepih stvari, često puta i veoma

komplikirane stvari, s kojima odmah ne mogu nešto početi, nego naknadno po saopštenjima listaju, koriste se time. Ono što bi, međutim, trebalo to je da rukovodioci preduzeća konačno vide da se tu može nešto napraviti, ne samo za nauku nego i za industriju, i da oni potraže u svojim poduzećima gdje su ta bolna mesta, da pozovu institute i fakultete i da stvore konkretne zadatke za rješavanje ovog ili onog problema, da se stime unapred većim dijelom bavimo i da nam to bude osnovni zadatak. Iako je to dosada bila želja svih, nije u celosti bilo sprovedeno. Prema tome bi trebali vi drugovi koji ste tu preneti vašim rukovodiocima da postoje mogućnosti saradnje, da postoji jedna mogućnost pomaganja i da se potraže zadaci. Vi ih postavljajte svojim rukovodiocima, a ako ih niste u stanju riješiti postoje instituti. Pravač tih radova držim da bi trebalo uglavnom usmjeriti na rješavanje pogonske problematike, s jedne strane organizacije rada, a s druge strane, kao što sam juče bio istakao, upravo automatizacija. Jer, ruku na srce, mi smo do sada veoma mnogo krasnih i lijepih fundamentalnih radova imali, ispitivanja rezljivosti itd. Ti rezultati osim nekih rijetkih iznimaka, sticajem čistih okolnosti kao što je, na primer, ispitivanje putem radioaktivnosti, svi ti ostali radovi su više-manje ipak varijante radova koji su već postojali. Oni su možda jedan mali doprinos obzirom na naše domaće prilike, naše domaće alate, materijale itd., ali je u njih utrošen jedan ogromni kapacitet rada i kapacitet, naravno, finansijski. Kažem opet, to je jako dobro, jer smo se stime uvjerali, mi smo stime stekli prakse sa radom sa raznim instrumentarijumima itd., ali bi od sada trebalo čitav kapacitet rada naročitom tendencijom usmjeriti upravo u to područje, u racionalizaciju rada i u automatizaciju rada. Moguće će nam kolega Šolaja moći reći nešto u kojem pravcu je iduće Savjetovanje usmjereno, ali držim da bi ti pravci, naša proizvodna problematika, automatizacija treba li bi biti prvenstveno tretirani i gajeni sa budućim našim radom i budućim našim kapacitetima.

Zaključna diskusija izvestioca: Prof. Vladimir Šolaja, dipl. ing., Beograd. - Pre svega moram da izrazim zahvalnost drugovima koji su dali referate za Savetovanje iz oblasti obrade rezanjem, i što su pritom sa najpunijom i najobjektivnijom tolerantnošću primili prilično agresivnu ocenu svojih radova. Mislim da je moja intervencija bila ispravno shvaćena, i čini mi se da baš desetak diskusija referenata koji su bili unapred upoznati o čemu će biti reči u uvodnom izlaganju

(posebno zahvaljujem drugu E. Kuljaniću koji je istakao da su referenti pre Savetovanja bili upoznati sa mišljenjem glavnog referenta), pokazuje da se nalazimo na odredjenom, prilično visokom nivou mogućnosti kritike i kritičkog razmatranja. Ja bih, ako dozvolite, imao nekoliko napomena uz pojedine diskusije.

Drugu J. Staniću bih hteo da kažem da ukoliko je reč o toku strugotine sa više sečiva, može se posmatrati i kao nekoliko struja koje imaju izvesnu masu i brzinu i koje se sukobljavaju. U objektivnost dobijenih dijagrama ne bi trebalo sumnjati, ali valja istaći da često puta i nepotpune ili netačne hipoteze mogu opisati deo stvarnosti. Mislim da će drug Stanić prihvatiti mogućnost proširenja svoje analize u ovom smislu.

U potpunosti prihvatom činjenicu koju ističe drug B. Ivković da pri velikim brzinama rezanja (još pre deset godina smo imali priliku da obradujemo neke vrste čelika brzinama i do 800 m/min) aproksimacija krivih habanja eksponencijalnim zakonom može da dovede i do pozitivnog i do negativnog eksponenta, tj. da krive budu konveksne ili konkavne. Međutim, baš informacija izneta u radu druga Ivkovića dokazuje da je pri većim brzinama glodanja (45 m/min) inicijalno habanje važno. Kod toga bih hteo da istaknem pokušaj u jednom ne moguće važnom radu da se predloži termin tzv. "hipotetičkog početka habanja", koje bi bilo prisutno na sečivu pre početka habanja po eksponencijalnom zakonu, a što je predložio Jan Goč u Hošicama 1968 godine (rad pod [60] u uvodnom izlaganju). U vezi sa izbegavanjem početnog habanja je moguće interesantan i predlog od pre izvesnog broja godina u SSSR da se baš zbog štetnosti inicijalnog početnog habanja i zbog malog njegovog uticaja na vreme stvarne obrade alat i ne brusi do kraja, nego da se brusi samo do širine tog početnog pojasa habanja. To je moguće praktična besmislica, ali je u načelu prilično interesantna stvar. Svakako da inicijalno habanje, uprkos suprotnog mišljenja Doc. Ivkovića, ima odredjeni značaj za pravu meru koristi od inače veoma dobrog pristupa preko gradijenata krive habanja. Nije, naime, reč o jedinstvenom zakonu u toku habanja nego o dvojnog zakonu, i nije reč o tome da se predlaže da se jedna kriva aproksimira polinomima, već o potrebi respektovanja dveju zakonitosti u procesu habanja reznog alata - na samom početku i u docnijem toku.

Potpuno se slažem sa drugom E. Kuljanićem u njegovom argumentisanju difuzijskog habanja, ukoliko podje od radova Zoreva, Lodalzea i škole Prof. Opica, međjutim mi se čini da obrazloženja nisu dovoljno argumentisana. Verujem da će dalji radovi razjasniti i ostale nesporazume istaknute i kroz pitanja Doc. Ivkovića.

Drug B. Popović nije po mom mišljenju odgovorio na pitanje. Čini mi se da je drug M. Zdravković pokušao da učini dopunu u pogledu loma u povratnom hodu. Prikazani dijagram u radu pokazuje da taj moment pri povratnom hodu ne mora biti dovoljno velik za lom, već su potrebni i neki sekundarni efekti.

Izvinjavam se drugu Š. Šavaru koji se veoma korektno poneo prema mojim kritičkim primedbama. Utisak se, naime, definitivno ima pri čitanju njegovog referata da brzina ima velik uticaj na otpore, jer nije dovoljno, ni u zaključku, istaknuta promenljivost koraka. Mislim takodje da ne stoje ni ostala objašnjenja u diskusiji, dok su podaci u tablici iznetoj uz diskusiju jasni, ali je reč o osrednjenim vrednostima, dok se podaci u tablici u uvodnom referatu odnose na podatke autora iz dijagrama. Čini mi se da će u uslovima pod kojima je radio drug Šavar smer sile ipak biti obrnut od onoga što je pokazao.

Mislim da je aktivno učešće po prvi put na našim savetovanjima stručnjaka koji nisu mašinski ili elektro inženjeri, ovoga puta druga D. Duževića veoma dobro došlo, i čini mi se da su njegova pitanja veoma interesantna. Nažalost, drug M. Jovičić nije prisutan Savetovanju pošto je na specijalizaciji u Nemačkoj, ali mogu da kažem da je položaj prethodnih brazdi bio poprečan u odnosu na smer glačanja. Što se tiče dijamantskih pasti, frakcije i sedimentacije, to je pitanje za koje bih bio zahvalan drugu Duževiću da ga račisti sa drugom Jovičićem po njegovom povratku. Mogu da se osvrnem na neka moja istraživanja pre dvanaest godina sa ručnim lepovanjem različitim sredstvima koja pokazuju da je proces poboljšanja hrapavosti i produktivnosti lepovanja veoma složena funkcija, i da u odredjenim uslovima može doći do pogoršavanja hrapavosti i smanjenja učinka. Ne znam u kojoj mери je Dr. D. Vukelja odgovorio na pitanje koje je postavio drug D. Dužević. Očigledno da je u pogledu poroznosti reč o veštačkom uticaju pri zagrevanju, slično eksperimentima izvedenim u nekim institutima pre više godina.

Žao mi je što štamparsku grešku nije drugarica J. S t a n k o v ranije identifikovala i tražila ispravku. Inače mislim da je druga primedba u pogledu stabilnosti, kombinovana sa mišljenjem druga M. Zdravkovića značajna, što pokazuje da smo pri odabiranju materije o kojoj će drugarica Stankov govoriti na Savetovanju mogli izaći i sa drugojačije komponovanim referatom koji bi dao uvid i u izvedena dinamička ispitivanja burgija.

Mislim da bi istupanje druga Doc. S. S e k u l i ć a zahtevalo nešto duži komentar. Pre svega drug Sekulić sumnja u ispravnost preuranjene kritike njegovog rada. Mislim, međjutim, da drug Sekulić ipak greši ukoliko smatra da ubrzanje habanja predstavlja, na način kako ga on identifikuje, jedan praktično primenljiv parametar u procesu rezanja, bez obzira da li to bilo u institutima ili u preduzećima. Ukoliko drug Sekulić dokaže drugo, biće mu svakako priznat njegov uspeh, ali bih kao stariji kolega želeo da mu savetujem da ne ide nepotrebno komplikovanim putem ciljevima koji se kod toga verovatno mogu postići. Nisam siguran kako je, praktično posmatrano, njegov kriterij koreliran sa faktorima koji su i u današnjim diskusijama došli do izražaja, a to su pitanja cene, ekonomičnosti i produktivnosti, to je pitanje svih onih tehnoloških parametara koji su za nas bitni i zbog kojih i vršimo ova ispitivanja. Nije tu samo pitanje odnosa veličina kriterija 1:200 ako se ima legirani čelik u odnosu na ugljenični, već je i pitanje šta bi bilo, a to nam drug Sekulić nije pokazao, ako bi se promenio korak, dubina, geometrija alata i ostali parametri rezanja. Da li bi kriterij ostao naprimer 0,0001, pri čemu nije objašnjeno zašto je usvojena baš ova vrednost (zašto nije bilo koja druga vrednost od 0,0000 do 0,0008, što sam pokazao na dijagramu 1 uvođenog izlaganja)?

Mislim da je intervencija druga M. Z d r a v k o v i ć a i njegova sveobuhvatna diskusija vrlo interesantna, posebno zbog toga jer je to diskusija direktno iz proizvodnje, iz preduzeća koje ima mnogo iskustva u ovoj oblasti. Što se tiče moje primedbe uz rad druga Mitrovića u pogledu dopuštene širine pojasa habanja, čini mi se da ukoliko se gledaju dva naspramna sečiva da se može uočiti da širina pojasa habanja može u načelu biti čak i veća od polovine širine pločice, s obzirom na raspored habanja h_1 , h_2 i h_3 ; moj je cilj bio da pokažem da vreme rezanja može biti i veće, a ne manje kao što je to možda drug Zdravković mislio da ja insistiram. U pogledu kvaliteta domaćih tvr-

dih metala u odnosu na strane svakako da je jedan od značajnih parametara očuvanja tog kvaliteta njegova kontinualna kontrola i njegovo afirmisanje kroz duže vreme, uz obezbedu odredjenih sprega. Čini mi se da ako nigde drugde, da baš tu ima veoma mnogo mesta, svakako mnogo više nego što je to do sada bio slučaj, profesionalnog kontakta između proizvođača alata i instituta, odnosno nauke. Za primedbu o uklještenim vretenastim glodalima drug Zdravković je u pravu, a sa tim u vezi stoje i neke informacije Dr. V. Milačića od juče (na primer Cincinnati adaptivno upravljana glodalica sa vretenastim glodalom), a u tom smislu je interesantne radove izveo i Dr. C. Oxford u SAD.

Što se tiče izlaganja Dr. D. V u k e l j e , nisam potpuno siguran, bez obzira na znatnu erudiciju i velik napor uložen u ove radove, da tvrdoća strugotine u datom momentu postaje stvarno veća od tvrdoće tvrdog metala, jer ne znam šta bi se tada događalo sa alatom prilikom rezanja. Jedino ukoliko nije u pitanju Trentova hipoteza o stvaranju fluidnog sloja između strugotine i grudne površine, koju drug Vukelja međjutim odbija. U pogledu pitanja koje je drug Vukelja postavio drugu R. Mitroviću u vezi čelika Č.5421, verovatno se imalo u vidu da bi promena geometrije alata možda mogla pomoći, po analogiji sa nekim iskustvima koja su stečena u istom Institutu.

Prof. R. Z d e n k o v i ć je na kraju dao značajne napomene, čiji je domet širi od raspravljane oblasti. Pre svega bih želeo objasniti inicijativu za I Savetovanje održano 1965 godine u Beogradu. Drug direktor A. Crneka je bio početkom 1965 godine kod mene i gotovo istovremeno smo rekli "znate šta, da organizujemo jedno savetovanje". Onda smo se dogovorili da prvo bude u Beogradu oktobra 1965, a drugo u Zagrebu aprila 1966 godine. Ako pogledate zbornike radova sa I i II savetovanja, videćete da dole piše Beograd - Zagreb, odnosno Zagreb - Beograd, dok je doniju inicijativu preuzela Zajednica jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva. Što se tiče postavki o potrebi osveženja programa rada u institutima, i odnosa instituta i industrije, toga smo veoma svesni. Instituti, bar oni koji profesionalno rade, neguju čitav niz aktivnosti sa kojima prodiru i jako se približavaju industriji. Pre svega je to oblast tehnologije mašinogradnje i tehnološke organizacije, sa dosada razvijenim modelskim rešenjima grupne i tipske tehnologije, koji postupno ulaze u industriju. U okviru materije vezane za današnju raspravu u pitanju je prvenstveno jugoslovenski projekat obradljivosti domaćih konstrukcij-

skih materijala i domaćih alata pri obradi rezanjem, pri čemu ne bih želeo opterećivati ovaj skup sa širim informacijama, dok se neke dimenzije mogu sagledati u uvodnom izlaganju. Ne pominjući ostale aktivnosti, pitanje od društvene važnosti je, međutim, način organizovanja istraživačkog rada i instituta, njihove mogućnosti, a takodje i njihovo postavljanje u koordinate jugoslovenskog privrednog i društvenog sistema i života, koja značajna pitanja nisu u našim uslovima još ni sistemski ni praktično razrešena. Instituti sa većim ili manjim uspehom i ne uvek racionalno ulažu ogromne napore da se uključe u odgovarajuće vizije napredovanja. Na ovim savetovanjima smo imali određeni cilj da sistematski upoznajemo što širi krug ljudi sa rezultatima našeg rada. Praktične aplikacije toga su u velikoj meri sadržane u nizu dokumenata pojedinih instituta i konkretnih intervencija u privredi. Referenti su u referatima koji su bili inspirisani projektima ovog tipa izneli samo onaj deo informacija za koji su dobili saglasnost svojih partnera, dok je IAMA kao organizator Savetovanja bio slobodan da jedan manji broj elaborata ograničene cirkulacije koji sadrže praktičnije informacije od onih koje su iznete na Savetovanju prikaže u okviru inprovizovane prigodne izložbe publikacija. U Institutu imamo preko stotinu takvih informacija, od kojih je velik deo vezan za različite nove koncepte i, po mom mišljenju, veoma interesantna dostignuća. Pronalaženje pravog puta i pravaca daljeg napada je svakako materija koja zaslužuje posebnu pažnju, i u tom smislu pozdravljamo i intervenciju Prof. Zdenkovića.

PISMENA DISKUSIJA

Do 23. juna 1969 godine primljena su tri priloga za pismenu diskusiju, od kojih je jedan iz oblasti alatnih mašina (B. Bendelja i A. Perić) i dva iz oblasti automatizacije i upravljanja (M. Sekulić i D. Knežević, kao i V. Zrnić).

U daljem se po ovom redu reprodukuju pismene diskusije.

- (1) Prof. Božo Bendelja, dipl.ing., Doc. Aristid Perić, dipl.ing., Sarajevo.

Primedbe i pitanja:

- Prof. Dr. Stanković P. u glavnom referatu pita koji dio vremena ulazi u stepen vremenskog iskorišćenja pošto se koeficijent K_d , K_r , K_p , K_A odnose na obradivani komad.
- Dr. Vukelja D. pita da na koji način su uzeti u obzir minimalni troškovi proizvodnje.
- Popović B. smatra da je ispravan prilaz problemu učinjen primjenom proračuna režima obrade putem elektronskih računara, ujedno podvlači da kod urezivanja navoja postoji ograničenje kod proračuna iskorišćenja posmaka, što u radu nije naznačeno.
- Doc. Ivković B. postavlja pitanje da li je ispravno bilo primjeniti u proračunima praktično preporučene vrednosti za postojanost alata, kada na osnovu domaćih teoretskih radova proizlazi da postojanost zavisi od ličnih dohodaka i troškova mašine koji su različiti u raznim delovima zemlje.
- Prof. Dr. Stanković P. u svojoj diskusiji podvlači da iskorišćenje mašine prema tretmanu u radu AM 9 zavisi i od pripreme kao i od drugih organizaciono tehničkih događaja u proizvodnji i pita da li je i to uzeto u obzir.

Odgovori na pitanja i primjedbe:

U vezi primjedbe Prof. Dr. Stankovića odgovara se da je vremenski rad i nerad mašine posmatran metodom trenutanih zapažanja u toku dužeg perioda. U tom istom periodu na slučajan način su snimani podaci o dimenzijama radnih komada, te podaci vezani za proces i obradu komada. Tako su statističkim uzorkom dobijeni podaci o skupu događaja koji su se vršili na mašinama tokom niza radnih dana. Koeficijent K_T je jedino poslužio za proračun stepena iskorišćenja mašina dok se koeficijent K_d , K_p i K_A pojavljuju u ovom radu kao dopunski kvalitativni pokazatelji stepena iskorišćenja mašina, koji direktno ne utiču na brojanu vrijednost stepena iskorišćenja mašina. Ovakav pristup je uzet iz razloga da se stepen iskorišćenja može koristiti u praksi za proračun proizvodnosti mašina, što ne isključuje mogućnost i drugih prilaza obzirom na drugi cilj (tipizaciju mašina i sl.).

U vezi pitanja Dr. Vukelje odgovor je da su minimalni troškovi proizvodnje uzeti u obzir putem minimalnih troškova alata, izborom praktičnih preporuka za ekonomski period smene alata i proračunom za taj uslov minimalnog mašinskog vremena, tj. minimalnih troškova rezanja upotrebom linearnog programiranja.

U vezi pitanja Popović B. odgovor je da nisu u radu tretirane obrade rezanja navoja koje su manje zastupljene u mašinskom vremenu snimanih mašina; inače bi kod te obrade i drugih specifičnih obrada moralo da se uzme ograničenje za posmak i sl. Prema tome za dalje radove je ova primedba osnovana i veoma korisna, te smo zahvalni kolegici Popoviću na njegovoj diskusiji.

U vezi pitanja doc. Ivković B. koje je donekle vezano i za pitanje Dr. Vukelje odgovor je slijedeći:

- istraživanja su vršena na univerzalnim mašinama
 - istraživanja su vršena statističkim putem da bi se dobila ocjena nivoa eksploatacije radi uvida u stanje i ispitivanja upotrebe računara u praktične svrhe; stoga su u proračunima za ekonomski period smene alata (postojanost) uzete praktično preporučene vrijednosti ($T = 90$ min za tvrdi metal kod struganja, $T = 240$ min za BRT kod obimnog glodanja valjkastim glodačem itd).
- Ako se diskusija prenosi na način proračuna ekonomskog perioda smena alata (postojanost), onda se može reći da praktične vri-

jednosti za T imaju svoju teoretsku osnovu dob'enu na osnovu proračuna minimalnih troškova alata po komadu obrade (A. V. Pankin - Obrabotka metalov rezanjem, Moskva 1961 g., ili Tajlorov obrazac za postojanost koji daje identično rešenje).

Ovakav pristup ima i doc. Ivković u svojim radovima (knjiga - Alati u obradi metala glodanjem - Tehnička knjiga, Beograd - 1967.), s razlikom što on u ukupnim troškovima obrade operacije na komad kod zamene i oštrenja alata uzima u obzir samo lične dohotke a ne troškove oštrenja i zamene alata kako to čini A. V. Pankin. Lični dohoci i troškovi mašina odnosno režija utiče i na brojitelj i na imenitelj dijela izraza za T , pa to treba isto imati na umu, pri analizi formule.

Dr. Vukelja u svom radu - Prilog optimalizaciji obrade rezanjem na strugu saopštenja IAMA 9 (1969) polazi od iste osnove kao i drugi autori, stim što ne računa T nego ga zamenjuje, pa računa v i s pri $\delta = \text{const}$. Međutim u formuli se i pak nalaze sve veličine vezane za troškove koje su i kod proračuna postojanosti predstavljale problem za tačan proračun. Prednje izlaganje treba uzeti samo kao diskusiju jer nemamo namjeru da dajemo ocjene radova doc. Ivkovića i Dr. Vukelje.

Nije na odmet da se pomene da nama nije strogo potrebno imati tačan podatak za T pri proračunu brzine i režima. Naime pri povećanju brzine 1,26 puta postojanost se smanjuje 3 - 6 puta, i obratno, pa i to treba imati na umu pri diskusiji o ovom problemu.

Ocjenu radova Zavoda za alatne mašine u Sarajevu moguće je dati na osnovu činjenica dobijenih ocjenom valjanosti i pouzdanosti metoda. Nama bi bilo drago da uporedimo valjanost i pouzdanost našeg metoda i rada putem rezultata istraživanja istog problema sa istim ili drugim metodom. Za sada se valjanost našeg metoda i rezultata može djelimično porediti sa rezultatima odvojenog istraživanja po nešto drukčijem metodu Prof. Dr. Stankovića. Tako je $K_p = 26\%$, a $K_d = 6,7\%$ kod Prof. Dr. Stankovića (referat AM 2), a kod nas je $K_p = 28\%$ pri $E_{mp} = 12\%$ i 95% vjerovatnoće a $K_d = 7\%$ pri $E_{np} = 3\%$ i 95% vjerovatnoće. Rezultati su skoro podudarni iako su snimanja vršena u raznim republikama a odstupanja se mogu pripisati slučajnim greškama. Ovo djelimično poredjenje daje nam više uvjerenja da smo valjano radili i istraživali problem.

U vezi diskusije Prof. Dr. Stankovića odgovor je da smo pri snimanju uzimali u obzir i pripremu mašine i druge organizaciono tehničke događaje. Priprema je u posmatranom periodu malo iznosila ali je obuhvaćena u studiju, kao i lična vremena radnika i druga čekanja koja spadaju u dopuštena čekanja - T_d . Čak šta više ove aktivnosti su bile kriterij za tačnost rada saradnika u preduzećima pri snimanju niza podataka.

Na kraju napominjemo da su radovi radjeni sa ciljem da se uporedno ocjeni teorija i praksa kako bi na osnovu rezultata istraživanja mogli dati određene preporuke za praksu.

(2) Doc. Dr. Milivoje Sekulić, dipl.ing., Dragutin Knežević, dipl.ing., Beograd.

Povodom izveštaja glavnog referenta Prof. Dr. Ing. R. Zdenkovića na V Savetovanju proizvodnog mašinstva, molimo da u III knjizi Zbornika objavite sledeće:

Glavni referent Prof. Zdenković, govoreći o referatu "Primena pneumoničkih sistema u automatizaciji slatnih mašina" (AU 10.1-6) izrazio je sumnju u tačnost izvesnih veličina koje se tamo navode, verujući čak da se u izvesnim slučajevima radi o štamparskim greškama.

- Na str. AU. 10.2 naveden je podatak da brzine reagovanja pneumoničkih elemenata prelaze 4000 Hz.

Ovi podaci se navode u ruskoj literaturi (Strujnaja pnevmogidroavtomatika, Izd. "Mir" - Moskva 1968, str. 6, 11, 20; L. A. Zalmazon: Pnevmonika, Izd. "Nauka" - Moskva 1964 g. str. 51) gde se čak pominju i podaci od nekoliko hiljada herca.

Engleska firma Plessey Comp. Ltd, Ilford, Essex navodi u svojim katalozima i propektima da su fluidički elementi korišćeni kao oscilatori pri frekvencijama do 100 kHz (kilo-herca).

- Na str. AU. 10.3, AU. 10.4 i AU. 10.5 navode se podaci o tačnosti poziciranja tačka po tačku $\pm 0,025$ mm sa mogućnošću ponavljanja od 0,015 mm, zatim da strug kojim se upravlja automatski sa fluidičkim elementima radi sa tolerancijom od 0,075 mm po prečniku i 0,127 mm po dubini, dalje da se numeričko upravljanje mašinama alatkama ostvaruje sa tačnošću od $\pm 0,0250$ mm i da je ostvarena tačnost poziciranja od $\pm 0,05$ mm na koordinatnoj bušilici "Fluidic 220".

Svi navedeni podaci, sem poslednjeg, uzeti su iz originalnih referata saopštenih na III Medjunarodnoj konferenciji o fluidici održanoj u Torinu 1968 godine dok je poslednji podatak uzet iz časopisa "Fluid Power International" (febr. 1968, str. 54).

Namera autora je bila da iznoseći ove podatke samo stavi auditorijumu do znanja o kojim se veličinama radi, a ne i da ih objavi kao specijalna dostignuća, jer su to normalne, uobičajene veličine.

- Što se tiče uporedjenja pneumoničkih sistema sa elektronskim u pogledu cene navodimo podatak da firme Techne (Cambridge), England prodaje sistem za upravljanje strugom na bazi fluidike sa potrebnom pneumatskom opremom po ceni od 975 £ i to je znatno manje od odgovarajućeg elektronskog sistema (Fluid Power International, march 1968, str. 51).

Dalje, navodimo da ista firma prodaje sistem za upravljanje sa fluidičkim elementima za bušilicu sa 6 vretena i 6 automatskih radnih programa, po ceni koja je 30% manja u odnosu na konvencionalne sisteme upravljanja (Fluid Power International, febr. 1968, str. 54).

Što se tiče pak poredjenja fluidičkih elemenata i elektronskih u pogledu cene, fluidički su za oko 100 puta jeftiniji od elektronskih, kako je to već u referatu navedeno.

Koristimo priliku da u tekstu referata na strani AU. 10.5 drugi stav, ispravimo podatak koji je nastao u štampanju. Tolerancija prečnika iznosi $1 - 2\mu$, a ne $1 - 2\mu\text{m}$ kako je to greškom odštampano.

Na kraju želimo da istaknemo da su primedbe Prof. Zdenkovića bile veoma interesantne i korisne, jer smatramo da smo, dajući odgovor na iste, doprineli s jedne strane da se način automatskog upravljanja mašinama alatkama pomoću fluidičkih elemenata bolje razume i razjasni, a sa druge strane da naš referat postane kompletniji i korisniji svima onima koji se bave ovom problematikom.

(3) Vladimir Zrnić, dipl.ing., Beograd.

Na V. Savetovanju proizvodnog mašinstva u okviru diskusije iz oblasti AUTOMATIZACIJA I UPRAVLJANJE prof. S. Zarić je postavio pitanje u vezi referata koji su štampani na strani AU. 2.1 (do 12) i AU. 3.1 (do 13).

Prvo pitanje se odnosi na način aktiviranja pneumatskih razvodnika (slika 7, AU. 2.8).

Memorijski razvodnik 5/2 M aktivira se tako što se impulsi X i Y ostvaruju padom pritiska.

Čeone površine klipa u razvodniku su izložene pritisku vazduha iz mreže koji dolazi preko prigušnika 3 i 4. Ako treba promeniti stanje u razvodniku 5/2 M aktivira se granički prekidač 1 i na taj način dodje do pada pritiska a to je ustvari impuls Y. Zbog pada pritiska poremeti se ravnoteža i klip u razvodniku se kreće u smeru pada pritiska.

Kada prestane aktiviranje graničnog prekidača 1 preko prigušnika 3 komprimirani vazduh opet dostigne pritisak na čeonu površinu klipa kakav je i sa druge strane. Klip u razvodniku će i dalje da zadrži zauzeti položaj. Premeštanje klipa u drugi položaj će nastupiti tek pošto sa druge strane memorijski razvodnik 5/2 M dobije impuls X (takođe padom pritiska).

Sve ovo je vidljivo sa slike 7 prema simbolima koji su u šemi primenjeni. Strelica u simbolu za memorijski razvodnik do impulsa Y treba da je okrenuta na niže s obzirom na vezu sa cilindrom.

U slučaju da se komandni vod od razvodnika 5/2 M do graničnog prekidača 1 prekine, slučajno stanje, razvodni klip zadržava dostignuti položaj dok se kvar ne otkloni.

Impulsi X i Y mogu biti saopšteni i delovanjem pritiska na čeonu površinu klipa, što je češći slučaj. Međutim, kada će se koji impuls koristiti zavisi od konstruktivnog rešenja razvodnika i raspoloživih komandnih impulsa u celom upravljačkom sistemu.

Impulsi padom pritiska se izvode razvodnicima 2/2, a impulsi pritiskom, razvodnicima 3/2.

Drugo pitanje se odnosilo na vezu elektromagneta i memorijskog razvodnika.

U opisanom slučaju (sl.2, AU.2.4.) elektromagnet deluje na razvodnik preko servokomande (poz.3) indirektno što omogućuje da se jedan isti elektromagnet koristi za celu familiju razvodnika bez obzira kolika je sila potrebna za premeštanje razvodnog klipa. Ovo je ocenjeno kao izuzetna prednost kako za proizvodnju, tako i za korisnike elektropneumatskih instalacija. Ako bi elektromagnet delovao neposredno na razvodni klip, bilo bi potrebno za svaki posebni slučaj predvideti drugi elektromagnet (naročito s obzirom na silu za pokretanje klipa i hod kotve elektromagneta). U ovom slučaju delovanjem elektromagneta impulsi se daju takođe padom pritiska sa jedne odnosno sa druge strane klipa.

Verujem da je ovim kratkim objašnjenjem dat odgovor na pitanje prof. S.Zarića. Objasnjenje se odnosi i na saopštenje ing. Šijakovića (AU.3.1).

