UDK 621.91

Zbiranje in posredovanje tehnoloških informacij

FRANCI ČUŠ — ADOLF ŠOSTAR

1. UVOD

Za povečanje produktivnosti v industrijski izdelavi je treba povečati izkoriščanje razpoložljivih delovnih sredstev. Namen tega dela je bil z analizo rezultatov raziskave pri čelnem frezanju izoblikovati banko tehnoloških podatkov. Iz opazovanja geometrijskih in kinematičnih odvisnosti smo sistematično spreminjali vstopne vplivne veličine in analizirali obstojne čase rezalnih robov.

Po preizkušanju smo izmerke ovrednotili s faktorsko analizo in ustrezno pojasnili. Analizirali smo tudi rezalne sile. Pri merjenju rezalnih sil smo upoštevali kritične obremenitve na rezalnem robu v različnih razmerah. Z ustreznim programskim paketom smo analizirali porazdelitev napetosti v rezalni ploščici. Izračunali smo vrednosti za specifične rezalne sile, ki so rabili za nadaljnje izračune.

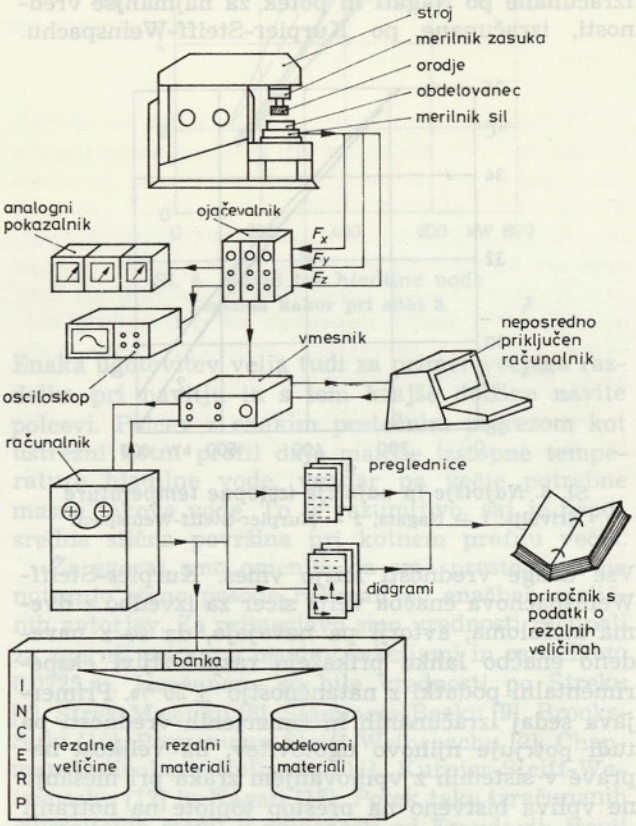
Po zamisli smo organizirali informacijsko središče za rezalne pogoje INCERP, ki mora zbirati in urejati vse podatke o rezalnih in obdelovalnih materialih, razmerah in odrezovanju, orodjih in vpenjalnih pripomočkih in jih posredovati uporabnikom.

2. STANDARDIZIRANO PREIZKUŠANJE

Za praktično rabo je izredno pomembno, da so razpoložljive rezalne veličine dobljene po nekih enotnih merilih. To izhodišče rabi za nadaljnjo prilagajanje rezalnih razmer za specifične postopke obdelave pri frezanju in tudi za primerjavo veličin po različnih virih in priporočilih.

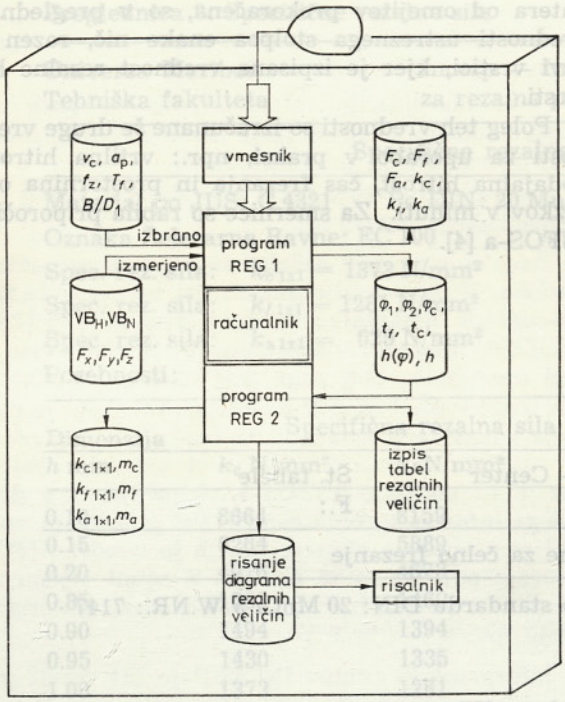
Pri samem preizkušanju uporabljamo izredno veliko merilne opreme. Iz priporočil drugih raziskovalnih središč, podatkov iz literature in lastnih materialnih zmožnostih, nam je uspelo postaviti sistem za laboratorijske raziskave in proučevanja postopkov odrezovanja. Slika 1 shematično prikazuje uporabljeno opremo, postavljeno v Tehnološkem laboratoriju na Tehniški fakulteti v Mariboru, in potek informacij za postopek čelnega frezanja. Sistem smo dograjevali postopoma in je trenutno na stopnji samodejnega zajemanja in obdelave podatkov.

Na mizi frezalnika je pritrjena merilna plošča za merjenje rezalnih sil podjetja Kiestler. Sile rezanja se spremenijo v električni signal, ki ga ojačevalnik ojača, vrednost pa prikaže na analognem prikazalniku ali osciloskopu Philips PM-3305. Podatke pošiljamo naprej v inteligentni vmesnik lastne izdelave. Zaradi njegove zmogljivosti, 16 K RAM in 4 K ROM, je mogoče nekaj podatkov obdelati z



Sl. 1. *Shema razvrstitve opreme in poteka informacij*

lastnim programskim paketom, rezultate pa poslati v računalnik za nadaljnjo obdelavo. Na vmesnik je priključen terminal KOPA 1000, s katerim je mogoče neposredno spremljati potek obdelave podatkov, rezultate ali kako drugače vključiti. Poglavitna obdelava podatkov je v računalniku DELTA 340/40. Shema strukture računalniške obdelave podatkov je prikazana na sliki 2. Urejene so ustrezne datoteke podatkov za vstopne, izstopne podatke in podatke, ki se prenašajo iz enega v drugi program. Glavna programa REG 1 in REG 2 imata še vrsto podprogramov. REG 1 izračuna koeficiente regresije, preveri ujemanje modela in pomembnost spremenljivk. Iz izmerjenih komponent rezalnih sil F_x, F_y, F_z izračuna rezalne sile F_c, F_f, F_p in ustrezne specifične rezalne sile. Nadalje izračuna kote rezanja φ_c, vstopne kote φ_1 in izstopne kote φ_2 za različna razmerja B/D [1].



Sl. 2. *Shema strukture računalniške obdelave vloženih podatkov*

REG 2 izračuna spcifične rezalne sile $k_{i\,1x1}$ in m_i (i = c, f, p) po Kienzleju in izpiše preglednice specifičnih rezalnih sil (priloga). Prav tako izpiše preglednice rezalnih veličin, upoštevaje ustrezne robne pogoje (priloga 1), za določeno nastavitev v določenih razmerah v delavnici. Sem sodi tudi izračun optimalnih in gospodarnih rezalnih veličin (priloga 3).

Rezultati so podani v preglednični obliki ali pa kot diagrami. Zbiramo jih v priročniku rezalnih veličin in jih imamo shranjene v ustrezni banki rezalnih veličin v našem Informacijskem centru za rezalne pogoje INCERP. Za povezavo z računalnikom smo si izdelali posebni snemalni list. Vneseni so vsi podatki za nastavitev parametrov obdelave na stroju za celoten preizkus. Določeni so po matriki načrta. Na stroju je na glavnem vretenu montiran merilnik zasuka, izdelan v Laboratoriju za tehnološke meritve na Tehniški fakulteti v Mariboru. Nastavljen je tako, da pri vsakem zasuku za 3^0 sproži merilnik rezalnih sil. Obstaja tudi možnost časovne nastavitve merilnika rezalnih sil. Najprej je treba določiti časovni interval, nato pa ustrezni razdelek zasuka v stopinjah. S tem je omogočena analiza rezalnih sil od začetka ubiranja do izstopa rezala. Poznavanje obremenitev je izredno pomembno za proučevanje obstojnosti orodja in določanje specifičnih rezalnih sil. V program za izračun k_i vlagamo največje vrednosti, saj je le tako mogoče orodje in stroj obremeniti do skrajnih vrednosti. Z merilnikom zasuka smo tudi zmanjšali vstopno število podatkov za nadaljnjo obdelavo in s tem razbremenili pomnilnik računalnika.

Obrabo rezalne ploščice merimo na optičnem mikroskopu ZEISS ZKM 150-D. Po navodilih iz snemalnega lista je obraba na glavnem in pomožnem rezalnem robu vnaprej določena. Vrednost vnesemo v računalnik.

Obdelovance z dimenzijami 250 × 250 × 60 mm je treba pripraviti zelo skrbno. Spodnja ploskev mora biti brušena, da ne bi poškodovala merilne plošče. Obdelovance pritrjamo z vijaki. Zaradi glave vijaka ostane najmanj 15 mm materiala na obdelovancu neizrabljenega. Doslej smo uporabljali jekla Železarne Ravne. Zanje so izdelali metalurške analize in druge preizkuse za ugotavljanje lastnosti jekla (obrazec INFOS), [2].

Za frezanje uporabljamo frezalne glave standardnih dimenzij izdelovalcev JUGOALAT in SECO, različnih premerov in geometričnih oblik. Pri rezanju z enim rezalom smo namestili samo eno ploščico. Uporabljene rezalne ploščice izdelovalca PP-CORUN so imele standardne oblike, ki jih tudi v praksi najpogosteje uporabljajo. Uporabljene vrste so od P20 do P40. Namen izbire standardnega orodja in rezalnih ploščic je prav v tem, da so dobljeni rezultati čimbolj uporabni za prakso.

Za sistematične raziskave obrabe je treba parametre rezanja v_c, f_z, a_p, T, B/D kombinirati med seboj, tako da so v preizkusih vključeni enakomerno. Z matriko načrta dosežemo, da posamezni parametri ne prevladujejo in tudi pristranskih odločitev ni. To je izredno pomembno, saj so rezultati zanesljivejši, čas preizkušanja pa se zmanjša. Kljub temu je skupni čas raziskav za eno vrsto obdelovanega materiala okrog 100 ur. V času so zajeti časi za pripravo materiala za preizkus, metalografske raziskave, preizkušanje, pripravo orodja, meritve obrabe, računalniško obdelavo, izdelavo dokumentacije itd. Pri preizkušanju je potrebna izredno draga oprema, zato so stroški preizkusov precej veliki. Z uporabo faktorske analize smo število preizkusov zmanjšali, s tem tudi porabo materiala in uporabo drugih sredstev, kar nedvomno močno znižuje stroške preizkušanja.

3. STANDARDNA OBLIKA PREGLEDNIC REZALNIH VELIČIN

3.1. Rezalna hitrost

S standardiziranim preizkusom dobljene vrednosti posameznih veličin je treba obdelati po statističnih metodah. Določiti je treba ustrezne konstante in eksponente, ki vse veličine med seboj povezujejo [3].

$$T_c = A\, v_c^{A_1}\, f_z^{A_2}\, a_p^{A_3}\, VB^{A_4}\, (B/D)^{A_5} \qquad (1)$$

Enačba (1) je osnovna enačba za ročno ali računalniško podprto izdelavo preglednic z rezalnimi veličinami ozir. vnaprej izračunanimi. Poglavitna razdelitev rezalnih veličin je prikazana v preglednici 1. Podani so vsi robni pogoji pri preizkusu, opisan je rezalni in obdelovani material, ubirne razmere in območje veljavnosti rezalnih hitrosti. Izračunana je tudi moč pri rezanju. Če je katera od omejitev prekoračena, so v preglednici vrednosti ustreznega stolpca enake nič, razen v prvi vrstici, kjer je izpisana vrednost rezalne hitrosti.

Poleg teh vrednosti so izračunane še druge vrednosti za uporabo v praksi, npr.: vrtilna hitrost, podajalna hitrost, čas frezanja in prostornina odrezkov v minuti. Za smernice so rabila priporočila INFOS-a [4].

Preglednica 1: Priporočene rezalne veličine

Univerza Maribor Tehniška fakulteta	Incerp — Inform — Center za rezalne pogoje	Št. tabele F.:

Priporočene rezalne veličine za čelno frezanje

Material po standardu JUS: Č.4321		Po standardu DIN: 20 MnCr 5 W.NR.: 7147
Oznaka Železarne Ravne: EC 100		
Toplotna obdelava:		
Natezna trdnost:	N/mm²	Trdota: HB
Površina:		
Spec. rez. sila:	$k_{c\,1x1}$ = 1373 N/mm²	1-MC = 0,200
Rezalna hitrost:	$v_{c\,min}$ = 50 m/min	$v_{c\,maks}$ = 150 m/min
Rezalni material: P 25		Oblika ploščice: SPAN 1203 ED
Geometrijska oblika:		
γ(rad) = —6,00°	γ(aks) = —6,00°	γ = — 7,34°
D = 80,00 mm z = 8	B = 60,00 mm	a_p = 20,00 mm
φ(C) = 120,00°	λ = 4,25°	$\varkappa$ = 75,00°
Posebnosti:		Razmerje: B/D = 0.750
Področje uporabe: P 25		

Legenda	Globina rezanja	Skica: a_p (mm)
Podajanje na zob f_z (mm/zob)	Rezalna hitrost Vrtilna hitrost Podajalna hitrost Moč rezanja Čas rezanja Prostornina odrezkov	v_c (m/min) n (vrt./min) v_f (mm/min) P_c (kW) t_f (min) V (cm³/min)

Pot obstojnosti L = 4000 mm
Merilo obrabe v BH = 0.40 mm

	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	
f_z = 0.100	150	101	80	67	59	v_c
	0	402	318	269	237	n
	0	321	254	215	189	f
	0	3	3	4	4	P_c
	0.0	12.4	15.7	18.5	21.1	t_f
	0	143	170	192	211	V
0.125	1.36	91	72	61	53	

Preglednica 2: Specifične rezalne sile

Univerza Maribor Tehniška fakulteta	Incerp — Inform. Center za rezalne pogoje	Št. tabele: F.:

Specifične rezalne sile za čelno frezanje

Material po JUS: Č.4321 Po DIN: 20 MnCr W.Nr.: 7147

Oznaka Železarne Ravne: EC 100

Spec. rez. sila:	$k_{c\,1x1}$ = 1373 N/mm²	1-MC = 0,200
Spec. rez. sila:	$k_{f\,1x1}$ = 1281 N/mm²	1-MF = 0,196
Spec. rez. sila:	$k_{a\,1x1}$ = 625 N/mm²	1-MA = 0,412
Posebnosti:		Razmerje: B/D = 0,750

Dimenzija	Specifična rezalna sila		
h mm	k_c N/mm²	k_f N/mm²	k_a N/mm²
0.10	8664	8159	2420
0.15	6264	5889	1907
0.20	4976	4673	1610
0.85	1563	1460	688
0.90	1494	1394	665
0.95	1430	1335	644
1.00	1373	1281	625

3.2. Specifične rezalne sile

Po izmerkih rezalnih sil in uporabe enačbe (2) smo izračunali vrednosti specifičnih rezalnih sil.

$$F_i = D \,.\, v_c^{D_1} \,.\, f_z^{D_2} \,.\, a_p^{D_3} \,.\, VB^{D_4} \,.\, (B/D)^{D_5} \qquad (2)$$
$$i = \text{c, f, p}$$

Izračunane vrednosti so podane v preglednici 2. V glavi preglednice je le nekaj poglavitnih podatkov o materialih orodja in obdelovanca. Praktično je nadaljevanje preglednice za rezalne hitrosti. Za posamezne debeline odrezka so izračunane vrednosti specifičnih rezalnih sil za vse tri komponente. Izpisane so vrednosti specifične rezalne sile za prerez 1 mm² in ustrezni smerni koeficienti premic, ki rabijo za nadaljnje izračune s Kienzlejevo enačbo.

3.3 Optimalne rezalne veličine

Izbrane rezalne veličine je mogoče optimirati po stroških ali časih, vendar je treba upoštevati vse robne pogoje.

Podatki o orodju in obdelovancu so vzeti iz glave preglednice za rezalne hitrosti. Vrednosti za posamezne stroške so veljavne za datum izračuna (cene, strojne ure itd.). Optimalna rezalna hitrost je praviloma zunaj omejitev (preglednica 3). Z razpoložljivimi tehnološkimi zmogljivostmi jo je izredno težko uresničiti. Bolj uporabna je gospodarna rezalna hitrost, ki je precej manjša od optimalne. Tu moramo doseči sporazum / dogovor za primerno rezalno hitrost, pri kateri izdelava ne bo

Preglednica 3: Optimalne rezalne veličine

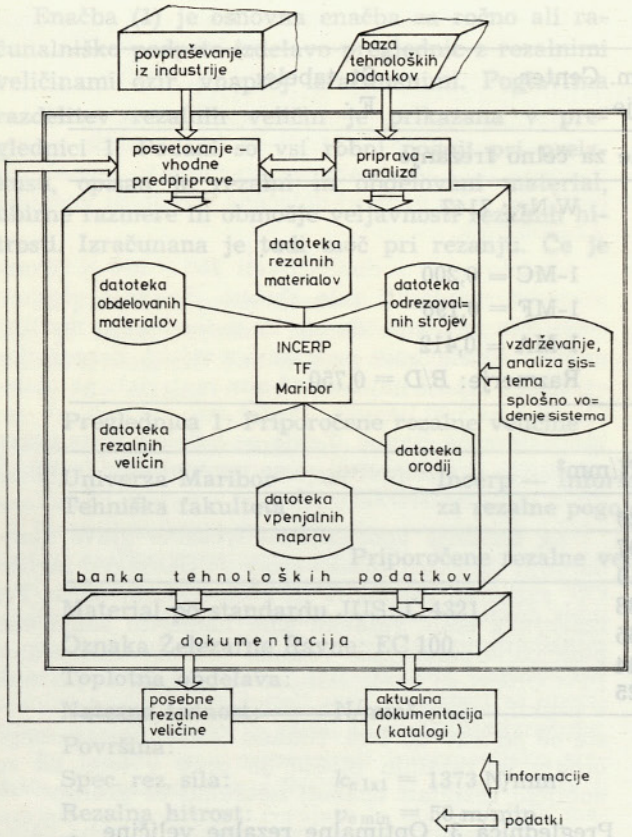
Izpis optimalnih in gospodarnih vrednosti:	
Optimalna rezalna hitrost — $v_{c\,opt}$	= 159,47 m/min
Gospodarna rezalna hitrost — $v_{c\,ek}$	= 115,86 m/min
Optimalni obstojni čas — T_{opt}	= 13,67 min
Gospodarni obstojni čas — T_{ek}	= 26,88 min

predraga in tudi produktivnost ne premajhna. Za nadaljnje izračune in gospodarno analizo prihajata v poštev izbrana rezalna hitrost in ustrezni obstojni čas rezalnega roba.

4. ZGRADBA INFORMACIJSKEGA CENTRA ZA REZALNE POGOJE

Preizkušanje in obdelava podatkov po sliki 1 terjata skrbno zbiranje in shranjevanje podatkov pri izdelavi v informacijskem centru za tehnološke podatke. Zaradi pomembnosti za razvoj produktivnosti in gospodarnosti v izdelavnem procesu je nujno potrebno, da je informacijski center organiziran na nacionalni ali vsaj regionalni podlagi.

Na Tehniški fakulteti v Mariboru smo organizirali banko tehnoloških podatkov v okviru Informacijskega centra za rezalne pogoje — INCERP. Organizacijsko je izpeljana tako, da vključuje podatke o rezalnih veličinah, obdelovanih in rezalnih materialih, odrezovalnih strojih, orodjih in vpenjalnih napravah (sl. 3).



Sl. 3. *Organizacija strukture informacijskega centra za rezalne pogoje — INCERP na TF Maribor*

Center mora:

1. zbirati tehnološke informacije,
2. obdelovati tehnološke informacije,
3. ponujati različne usluge in storitve z zbranimi informacijami,
4. razvijati in vzdrževati različne računalniške programe, ki so potrebni za vrednotenje preizkusnih podatkov in za ponudbe uslug organizacijam združenega dela,
5. sestavljati standardne metode za preizkušanje,
6. izmenjavati informacije med uporabniki in INCERP-om.

Center mora reševati dve informacijski nalogi:

— pripravljati uporabno dokumentacijo brez uveljavljanja izrazite organizacije združenega dela,

— zbirati, urejati in izkoriščati vse v centru zbrane podatke in informacije.

Nadaljnja naloga je izmenjava informacij med uporabniki iz združenega dela in informacijskim centrom; ta zajema:

— objave v centru ugotovljenih podatkov in informacij,

— organizacijo redne informacijske službe, ki mora dajati podatke o novih ugotovitvah, razvojnih usmeritvah in rezalnih veličinah,

— standardizacijo informacij in vstopnih / izstopnih formatov zaradi lažje izmenjave informacij med uporabniki in drugimi centri,

— svetovanje in šolanje uporabnikov uslug informacijskega centra itd.

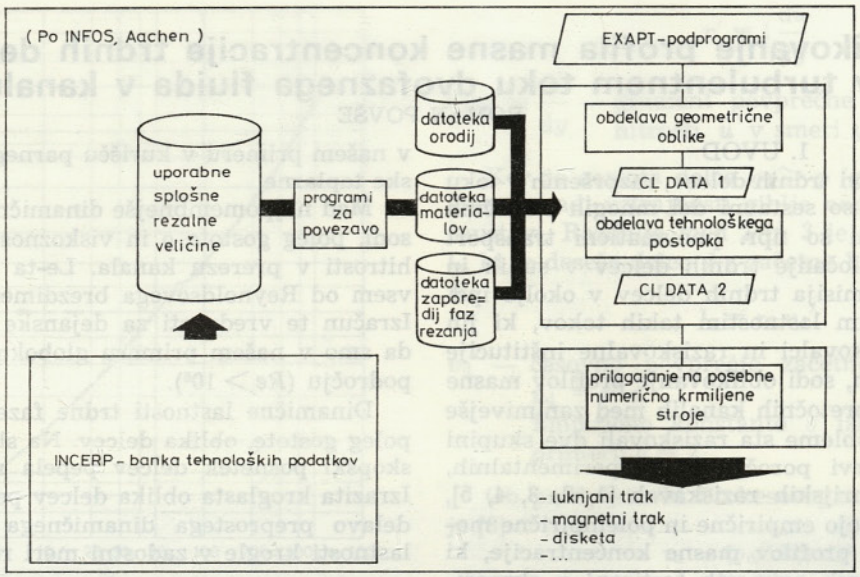
Tako so v mnogih deželah že organizirali takšna središča. V Jugoslaviji imamo pri inštitutu IAMA v Beogradu tehnološko banko z imenom JUPITER SYSTEM. Informationszentrum für Schnittwerte je med uporabniki bolj znan pod imenom INFOS in ima sedež v Aachnu (ZR Nemčija). V Evropi je največja znanstvena ustanova za omenjeno dejavnost. TF Maribor je tudi članica te organizacije. Informacije in izkušnje INFOS-a vključujemo v delo našega informacijskega centra. Pri preizkusih uporabljamo posebne obrazce, ki jih je uvedel INFOS za svoje potrebe in za članice. Z njimi zajamemo vse podatke o rezalnem in obdelovanem materialu, stroju ipd.

Informacijski center INCERP je bil razvit postopoma za velik in majhen računalnik. Zaradi specifičnosti posameznih postopkov odrezovanja se rezalne veličine prilagajajo ročno ali avtomatsko. Pri ročnem prilagajanju rezalnih veličin se uporabljajo smernice in priporočila iz priročnika rezalnih veličin. Pri avtomatskem prilagajanju se s posebnim programom izračunajo rezalne veličine pri ustreznih robnih pogojih (odrezovalni stroj, orodje, obdelovanec).

5. ZDRUŽEVANJE BANKE TEHNOLOŠKIH PODATKOV V SISTEMU CAD-CAM

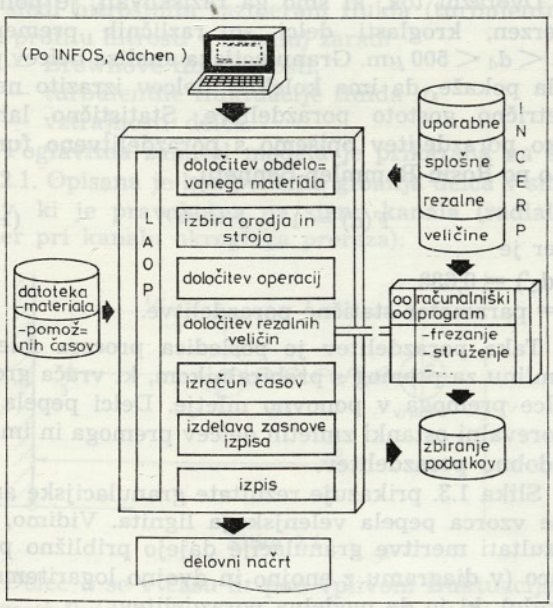
INCERP — banka tehnoloških podatkov se vključuje neposredno v računalniško podprto izdelovanje tehnološke dokumentacije. V Laboratoriju za avtomatizacijo proizvodnje (LAOP) imamo lastne programske pakete in programske pakete EXAPT za izdelavo tehnološke dokumentacije (sl. 4). Procesorji za različne postopke odrezovanja uporabljajo posamezne datoteke podatkov in se prek posebnih programov vključujejo v INCERP. S postprocesorji se tehnološka dokumentacija prilagodi posebnim odrezovalnim strojem v ustrezni obliki (luknjan trak, magnetni trak, disketa).

Pri oblikovanju informacijskega centra za rezalne pogoje ni bilo mogoče obiti zahteve, da mora biti banka tehnoloških podatkov aktivno vključena v sistem CAD-CAM [5]. Informacijski sistem je vključen v vsa področja: (CAD, CAM (sl. 5). Ker je razvojna pot od zasnove do uporabnega izdelka izredno dolga in terja vključevanje veliko tehničnih, gospodarskih in človekovih zmogljivosti, je vsako skrajšanje časa izdelave izredno pomembno. Banka tehnoloških podatkov lahko prispeva velik



Sl. 4. *Vključevanje banke tehnoloških podatkov in računalniško podprto izdelovanje tehnološke dokumentacije*

delež k boljšemu izkoriščanju računalniško krmiljenih obdelovalnih strojev. Ti stroji so donosni le tedaj, če so nastavljene optimalne rezalne veličine. Optimum je lahko dosežen v razmeroma kratkem času, če so vstopne vrednosti realne. Posebno pomembne bodo zanesljive rezalne veličine v tovarnah prihodnosti, kjer ne bo delavcev, saj bodo stroji nadzorovali stroje [6].



Sl. 5. *Uporaba banke tehnoloških podatkov za izdelavo delovnih načrtov*

6. SKLEP

Za praktično rabo je izredno pomembno, da so razpoložljive rezalne veličine dobljene po nekih enotnih merilih. Uspelo nam je postaviti sistem laboratorijske raziskave in proučevanja postopkov odrezovanja. Sestavljen je iz merilnega dela, obdelave podatkov in shranjevanja podatkov. Razvili in izdelali smo matematični model za načrtovanje preizkusov s petimi spremenljivkami in testirali ujemanje, zanesljivost in ponovljivost. Rezultat dela je enačba za obstojni čas, ki med seboj povezuje vseh pet vplivnih veličin in rabi za vnaprejšnje določanje rezalnih veličin.

Hkrati z raziskavami smo razvijali lastno raziskovalno opremo (inteligentni vmesnik, merilnik zasuka, univerzalno frezalno glavo z nastavljivim cepilnim kotom. Slednjo lahko uporabljamo tudi pri raziskavah drugih postopkov odrezovanja.

LITERATURA

[1] Čuš, F.: Identifikacija optimalnih rezalnih podatkov pri čelnem frezanju, magistrska naloga, Tehniška fakulteta Maribor 1985.

[2] Čuš, F.: Obdelovalnost domačih jekel in litin. Poročilo o raziskovalni nalogi URP C2-0131-795/85 za RSS v Ljubljani. — Maribor, TF 1985, 290 str., ilustrir. (soavtor; nosilec naloge: Adolf Šostar).

[3] Čuš, F.: Načrtovanje preizkusov in izračun eksponentov za optimiranje odrezovanja. — Strojniški vestnik, Ljubljana, 30 (1984) 9—10, str. 197—203 (soavtor Adolf Šostar).

[4] Skupina avt.: Ermittlung, Optimierung und Anwendung von Zerspandaten, INFOS Seminar, 1984, TH Aachen.

[5] Šostar, A.: Planing and Information control for production process optimization, VI, International Conference on Production Research, Novi Sad, 1981.

[6] Nagel, H.: Planung flexibles Fertigunssysteme, Werkstatt und Betrieb 118 (1985) 3, str. 119—122.

Naslova avtorjev:
višji predavatelj, mag. Franci Čuš, dipl. inž. stroj., dipl. ekon., prof. dr. Adolf Šostar, dipl. inž. stroj.
oba Tehniška fakulteta, VTO Strojništvo Maribor, Smetanova 17