

UDK 681.3.06

Uvajanje računalniško podprtega ročnega programiranja

PAVEL ŠMARČAN

1. UVOD

Leta 1975 je bil na Visoki tehniški šoli v Mariboru ustanovljen center za številsko krmiljenje, ki deluje v sklopu laboratorija za avtomatizacijo in optimiranje proizvodnje — LAOP — z naslednjimi nalogami:

- nabaviti ustrezno opremo za številsko krmiljenje,
- izšolati lastni kader za delo s številsko krmiljenimi stroji,
- izšolati kader za delo na številsko krmiljenih strojih v industriji,
- napisati ustrezno literaturo v slovenščini,
- opravljati primerjalne raziskave.

Opremo, navedeno v člankih v SV 1977/5—6 str. 133 in SV 1978/5—6 str. 95, smo nekoliko spremenili. Številsko krmiljeno stružnico NDM — 17 smo zamenjali za novejšo stružnico NDM — 7/50 iz tovarne Georg Fischer, s krmiljem »BOSCH CNC System 5 D«. Hkrati s stružnico smo kupili programersko mesto z računalnikom OLIVETTI P 6060 in luknjalnikom/bralnikom luknjanega traku RO-DATA — V 24. To programersko mesto omogoča ročno in strojno programiranje številsko krmiljenih strojev. Pri slednjem lahko izračunamo vse potrebne geometrijske informacije, pa tudi del tehnoloških informacij.

K že znani literaturi smo dodali deli:

- A Polajnar: Ročno programiranje številsko krmiljene stružnice G. F. NDM — 7/50 s krmiljem BOSCH — CNC 5 D.
- J. Balič: Upravljanje številsko krmiljene stružnice G. F. NDM — 7/50 s krmiljem BOSCH — CNC 5 D.

V pripravi so skripta za strojno programiranje številsko krmiljene stružnice in vrtno frezalnega stroja z računalnikom OLIVETTI P 6060.

2. PROGRAMIRANJE ŠTEVILSKO KRMLJENIH STROJEV

2.1. Splošno

Programiranje številsko krmiljenih strojev pomeni, da vnašamo v stroj vse informacije, potrebne za izdelavo določenega obdelovanca, na nosilcu informacij, ki ga krmilje stroja avtomatično prebere. Najpogostejši nosilec informacij je luknjani trak.

* Članek je izvleček iz poročila o raziskovalni nalogi št. 785/5251 — 77 z naslovom »Uvajalne raziskave računalniško podprtega ročnega programiranja«. Nosilec naloge: dr. P. Šmarčan.

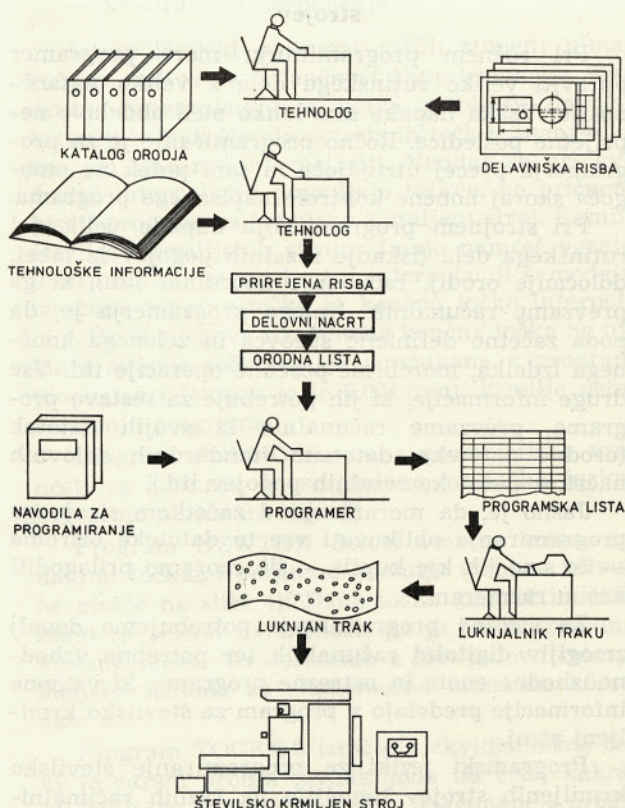
Vendar nosilec informacij in kodiranje na nosilcu nista odločilnega pomena za samo programiranje.

Program je sestavljen iz niza stavkov, ki si sledijo v natančno določenem zaporedju. Vsak stavek obsega vse podatke, ki so potrebni za nadaljnji potek izdelave.

Razlikujemo:

- geometrijske informacije (koordinate točk in krivulj),
- tehnološke informacije (vrtilne in podajalne hitrosti, orodja, korekture),
- pomožne informacije (vklop, izklop, hladilno tekočino, vpenjanje),
- informacije o številskem krmilju in stroju.

Programer mora poznati vse navedene informacije, da lahko napiše program. Geometrijske informacije dobi iz delavniške risbe, tehnološke informacije iz tabel, pomožne informacije ter informacije o številskem krmilju in stroju pa iz navodil za programiranje številsko krmiljenih strojev in iz strojnih kartotek.



Slika 1

2.2. Ročno programiranje številsko krmiljenih strojev

Na sliki 1 je prikazan načelni potek ročnega programiranja. Programer dela po konstrukcijski risbi. Delavniška risba mora biti kodirana tako, kakor to ustreza načinu programiranja. Nato izdela programer delovni načrt, kjer do nadslojnosti razdela posamezne operacije, prehode in reze. S pomočjo orodnih kart, kartotek rezalnih pogojev in strojnih kartotek za številsko krmiljeni stroj pa sestavi program.

Vse preračune za geometrijo in tehnologijo izdela programer »peš« ali kvečjemu z žepnim računalnikom.

Ob uporabi navodil za programiranje prevede programer program v jezik, ki ga številsko krmilje pri stroju »razume«. Navodila za programiranje vsebujejo specifične podatke za številsko krmiljeni stroj in za krmilje. Rezultat tega dela je programski list, ki je osnova za luknjanje traku.

Trak se luknja na posebnih luknjalniki. Pri luknjanju lahko izberemo dva načina kodiranja:

- kod ISO ali
- kod EIA.

Način kodiranja je odvisen od vrste krmilja. Večina krmilj ima možnost branja obeh vrst kod.

2.3. Strojno programiranje številsko krmiljenih strojev

Pri ročnem programiranju mora programer opraviti veliko rutinskega dela z veliko natančnostjo. Vsaka napaka ima lahko med obdelavo neprijetne posledice. Ročno programiranje je za programerja precej utrujajoče in sam potek ne omogoča skoraj nobene kontrole napisanega programa.

Pri strojnem programiranju odpade velik del rutinskega dela (iskanje rezalnih pogojev iz tabel, določanje orodij, računanje koordinat itd.), ki ga prevzame računalnik. Naloga programerja je, da poda začetno definicijo surovca in želenega končnega izdelka, morebitne posebne operacije itd. Vse druge informacije, ki jih potrebuje za sestavo programa, prevzame računalnik iz svojih datotek (orodne datoteke, datoteke standardnih delovnih načrtov, datoteke rezalnih pogojev itd.).

Jasno je, da moramo pred začetkom strojnega programiranja oblikovati vse te datoteke oziroma — če smo jih kje kupili — jih moramo prilagoditi našim razmeram.

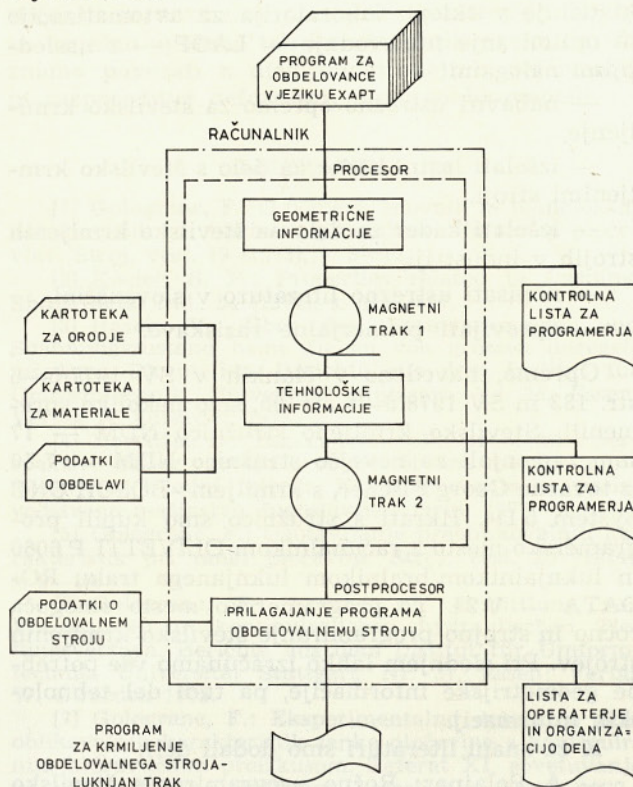
Za strojno programiranje potrebujemo dovolj zmogljiv digitalni računalnik ter potrebne vhodno/izhodne enote in ustrezne programe, ki vstopne informacije predelajo v program za številsko krmiljeni stroj.

Programski jeziki za programiranje številsko krmiljenih strojev temeljijo na raznih računalniških jezikih (ALGOL, FORTRAN, BASIC) in združujejo geometrijske in tehnološke izračune v po-

sebnih programih — procesorjih. Govorimo o posebnih programskih jezikih za programiranje številsko krmiljenih strojev (APT, EXAPT).

Naloga procesorja je, da na podlagi vstopne definicije geometrije in tehnologije izračuna vse potrebne geometrične vrednosti (koordinate) in določi vse tehnološke podatke za naš primer.

Načelni potek strojnega programiranja prikazuje slika 2.



Slika 2

Tako dobljeni podatki se v posebnem programu — v postprocesorju — predelajo v program, ki vsebuje vse značilnosti številskega krmilja in stroja, za katerega programiramo. Postprocesor upošteva torej posamezne lastnosti številskega krmilja in stroja.

Izstopek iz postprocesorja je program na luknjanem traku. Poleg tega postprocesor izpiše program v posebne formularje za operaterja pri stroju, napiše nastavni list za orodja za orodno službo in za operaterja in napiše še nastavne podatke za stroj. Seveda lahko programe shranjujemo tudi na diske ali magnetne trakove.

2.4. Računalniško podprto ročno programiranje številsko krmiljenih strojev

Da bi bil prehod iz ročnega na strojno programiranje lažji, uporabljamo lahko vmesne stopnje med ročnim in strojnim programiranjem — t. im. računalniško podprto ročno programiranje.

Za računalniško ročno programiranje se dobijo posebni programski paketi, ki so več ali manj ozko usmerjeni na določeno kombinacijo številskega krmilja in stroja. Takšne pakete ponujajo izdelovalci številske krmiljenih strojev (INDEX — H 100, H 400, Georg Fischer GTL/TS, Gildemaister — EASYPROG).

Izdelovalci računalniške opreme in razna združenja ponujajo v ta namen procesniške pakete, za katere je treba dodatno še nabaviti postprocesorje za določeno številsko krmilje in stroj.

S temi programskimi paketi je mogoče obvladovati le oblike, ki so sestavljene iz delov krožnic in premic. Drugih krivulj pa s temi programi za zdaj še ni mogoče izračunati preprosto in dovolj hitro.

V praksi se zelo pogosto pojavljajo izsredniki z različnimi krivuljami (Arhimedovo spiralo, cikloidno itd.), ki jih s standardnimi paketi ne moremo računati.

Zaradi tega smo na VTŠ v LAOP razvili programski paket KRIXY, ki omogoča izračun potrebnih geometrijskih vrednosti za poljubne oblike krivulj in rabi kot pripomoček pri ročnem programiranju številskega krmljenih strojev.

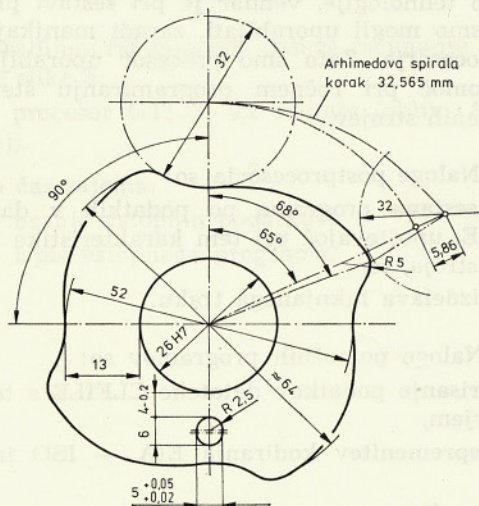
3. IZVEDENE RAZISKAVE

3.1. Programski paket KRIXY

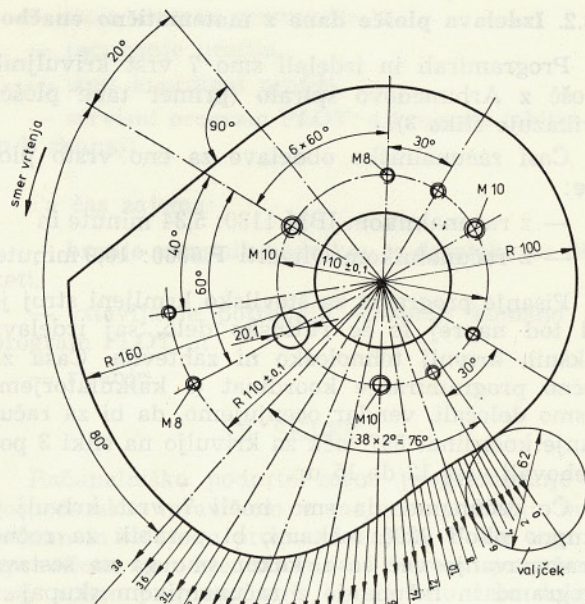
Obris raznih krivuljnih izsrednikov ali sestavljenih profilov je lahko podan na dva načina:

- z matematično enačbo — slika 3 (Arhimedovo spiralo),
- z nizom točk, za katere poznamo koordinate (slika 4).

Pri izdelavi takšnih krivulj na številsko krmljenem vrtalno-frezalnem stroju se moramo zateči



Slika 3



Slika 4

k interpolaciji. Krivuljo moramo nadomestiti s črto, ki se krivulji dovolj natančno približa. V poštev prihajata dva načina interpolacije:

- linearna interpolacija in
- kvadratna interpolacija.

Interpolacijski polinomi višjih stopenj nimajo večjega vpliva na natančnost akroksimacije. Kvadratna interpolacija je boljši približek dejanske krivulji in tudi število potrebnih točk je manjše kakor pri linearni interpolaciji. Vendar se pri kvadratni interpolaciji pojavljajo težave, ko pričnemo pisati program za številsko krmiljeni stroj. Krmilja številsko krmiljenih strojev imajo namreč vgrajen interpolator, ki pri krožni interpolaciji samodejno izračuna vmesne točke in končno točko interpolacije. Če se njegova izračunana končna točka ne uje ma s skupno točko, ki je izračunana v programu (dopusten odstopke je le 0,001 mm), krmilje ustavi izvajanje programa.

Program FORMO izračuna geometrijske vrednosti za krivulje, ki so podane z enačbo (primer krivuljne plošče na sliki 3).

Program NEWTON določi vmesne točke med danimi točkami poljubne krivulje (primer krivuljne plošče na sliki 4). Dane točke namreč ne zadoščajo za želeno natančnost, pa je treba izračunati vmesne točke. To dosežemo z Newtonovo interpolacijsko metodo za enakomerne intervale koordinatne x .

Program TOCKE 2 izračuna ekvidistančno črto, ki je zaradi orodja pomaknjena od črte, kakršno bi dobili, če bi povezali točke, izračunane s programom NEWTON.

3.2. Izdelava plošče dane z matematično enačbo

Programirali in izdelali smo 7 vrst krivuljnih plošč z Arhimedovo spiralo (primer take plošče prikazuje slika 3).

Časi računalniške obdelave za eno vrsto plošče:

- z računalnikom IBM 1130: 5,34 minute in
- z računalnikom Olivetti P 6060: 10,9 minute.

Pisanje programa za številsko krmiljeni stroj je od tod naprej le še rutinsko delo, saj izdelava takšnih krivulj tehnološko ni zahtevna. Časa za ročno programiranje koordinat (s kalkulatorjem) nismo določali, vendar ocenjujemo, da bi za računanje koordinat 397 točk za krivuljo na sliki 3 potrebovali vsaj 12 do 15 ur.

Če računamo, da smo imeli 7 vrst krivulj s skupno okoli 2200 točkami, bi porabili za ročno izračunavanje več časa, kakor smo ga za sestavo programa in računanje z računalnikom skupaj.

Krivuljne plošče smo obdelali v LAOP na številsko krmiljenem večoperacijskem stroju CINCINNATI CIM-X3. Tehnološki podatki:

- stebelno frezalo iz hitroreznega jekla vrhunške kakovosti premera $d = 16$ mm,
- vrtilna hitrost vretena $n = 450$ vrt/min in
- podajalna hitrost $s' = 12$ mm/min.

Ti tehnološki podatki zagotavljajo, da bo obdelana površina dovolj gladka. Obraba orodja je pa precejšnja in je bila zato potrebna pogosta menjava.

Ploščo smo pritrdili na posebno izdelan čep ter jo zavarovali proti vrtenju. Strojni čas izdelave je bil za razne vrste plošče različen. Pri 8 krivuljah na eni plošči je bil čas izdelave 24 minut. Ker smo obdelovali hkrati 3 plošče, je bil čas za eno ploščo le 8 minut.

3.3. Izdelava krivuljne plošče, podane z nizom točk

Programirali in izdelali smo eno ploščo, katere točke so bile dane s koordinatami (slika 4).

Časi računalniške obdelave:

- z računalnikom IBM 1130: 4,5 minute in
- z računalnikom Olivetti P 6060: 6,9 minute.

Časa za ročno programiranje okoli 80 vmesnih točk z Newtonovo interpolacijo in računanje 113 točk ekvidistančne črte ne moremo ocenjevati, ker se zastavlja vprašanje, ali je sploh mogoče Newtonovo interpolacijsko metodo uporabljati pri ročnem računanju.

Vsi nam znani programski paketi za programiranje ne obsegajo omenjene metode.

Tudi to krivuljo smo izdelali na številsko krmiljenem večoperacijskem stroju CINCINNATI.

4. PROGRAMSKI PAKET GTL/3 — OLIVETTI

4.1. Opis paketa GTL/3

GTL/3 je modularno zasnovan računalniški paket programov za računalniško podprto ročno programiranje in za strojno programiranje številsko krmiljenih večoperacijskih strojev.

Razdeljen je v tri dele:

- a) procesor,
- b) postprocesor in
- c) pomožne programe.

a) Procesor je sekundarni modularno zgrajeni procesor GTL/3, ki se lahko uporablja za vse vrste strojev. Naloge procesorja so:

- reševati (izračunati) programske instrukcije, ki jih napiše programer za določen izdelek,
- preverjati tako napisane programske instrukcije s sintaktično kontrolo,
- izvajati vse računske operacije in sestavljati profil, glede na definicijo le-tega v vstopnem programu,
- ustvarjati vmesno datoteko z imenom CLFILE (datoteka pozicioniranja orodja), ki se uporablja v naslednji fazi dela.

Program GTL/3 je sestavljen iz posameznih stavkov z alfa številčnimi znamenji. Stavek je sestavljen iz niza besed. Programer opiše z njim želeni obdelovanec. Takšnemu opisu pravimo »delni program« in ga vnesemo v računalnik kot TEXT. Delni program je sestavljen iz:

- sistemskih (kontrolnih) stavkov,
- identifikacijskega dela,
- geometričnega dela in
- tehnološkega dela.

V naših primerih smo sicer uporabljali tudi definicijo tehnologije, vendar je pri sestavi programa nismo mogli uporabljati, zaradi manjkajočega postprocesorja. Zato smo procesor uporabljali le kot pomoč pri ročnem programiranju številsko krmiljenih strojev.

b) Naloge postprocesorja so:

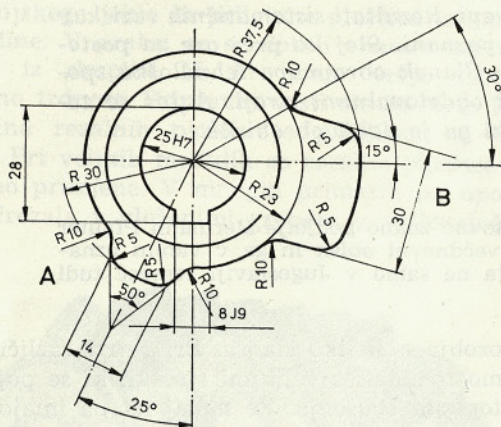
- sestava programa po podatkih v datoteki CLFILE, upoštevajoč pri tem karakteristike krmilja in stroja, ter
- izdelava luknjanega traku.

c) Naloge pomožnih programov so:

- risanje podatkov datoteke CLFILE s termoprinterjem,
- spremenitev kodiranja EIA — ISO in obratno,
- modificiranje (prikrojitev) traku in ponovno luknjanje popravljenega traku.

4.2. Izvedeni primeri programiranja z GTL/3

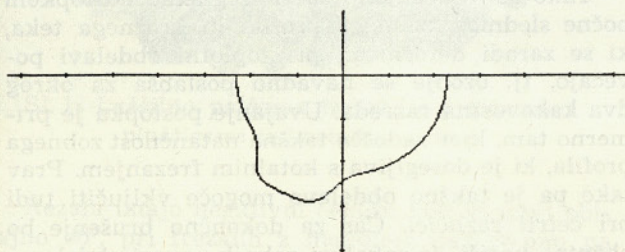
Do sedaj smo programirali s tem paketom približno 25 različnih oblik. Izračunali smo vedno le geometrijske informacije, program za številsko krmiljeni stroj pa smo sestavili ročno.



Slika 5

Za obdelovanec na sliki 5 je v raziskovalni napravi podan podroben potek računanja in programiranja z vsemi izpisi.

Za kontrolo oblike rabi lahko na pisalniku izrisana oblika izsrednika. Slika 6 prikazuje s pisalnikom narisani detalj A izsrednika s slike 5.



Slika 6

Porabljeni računalniški časi za računanje izsrednika s slike 5:

— procesor GTL/3: 6,2 minute (obliki A in B skupaj).

Ta čas zajema:

- branje vstopnih podatkov,
- izpis vstopnega programa,

- izpis vstopne geometrije,
- računanje profila,
- izpis koordinat profila,
- servisni program PLOT: 4,4 minute (obliki A in B skupaj).

Ta čas zajema:

- branje vstopnih podatkov iz datoteke na disketi,
- vstavljanje potrebnih vstopnih komand za program PLOT in
- risanje.

5. SKLEP

Računalniško podprto ročno programiranje je gospodarsko upravičeno v mejnem področju med ročnim in strojnim programiranjem. Poleg tega je upravičeno tam, kjer strojno ne moremo programirati, ročno programiranje pa bi bilo zelo dolgotrajno ali sploh nemogoče.

Prednost tega programiranja je v tem, da nismo vezani na velike računalniške sisteme in niso potrebni dragi programi (procesorji). Kljub manjkajočim delom standardnega programskega paketa (manjkajoči postprocesorji) lahko uporabljamo takšen programski paket. Poleg tega pa nismo vezani na en računalniški sistem in en programski jezik, saj so programi preprosti in hitro prenosljivi iz sistema na sistem.

LITERATURA

[1] P. Šmarčan, J. Balič: »Uvajalne raziskave računalniško podprtega ročnega programiranja«. Raziskovalna naloga LAOP, VTŠ Maribor. Financerji: RS Slovenije in AGIS Ptuj.

[2] J. Balič, P. Šmarčan: »Programiranje krivulj in ravninskih likov za NC stroje s pomočjo računalnika«. Deveti simpozij — Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala, Beograd.

[3] OLIVETTI »Numerical Control Series GTL — User Manual.

Avtorjev naslov: Prof. dr. Pavel Šmarčan, dipl. inž.
VTŠ — VTOZD strojništvo
Maribor, Smetanova 17