

Görbetárcsák számítógépes tervezése és legyártása NC marógépen

GULYÁS BÉLA
NYITRAI GÁBOR
BHG

1. A GÖRBETÁRCSÁK ALKALMAZÁSA

A híradástechnikában használatos forgácsolt alkatrészek, kötőelemek nagy százalékát különböző típusú automata esztergákon gyártják. Az automata esztergák különböző fő- és mellékmozgásait a gépek vezérlő tengelyeire erősített vezérlő elemek — görbetárcsák és állítható kapcsoló dobok — irányítják.

Ezeket a görbetárcsákat, szemben az állandó alakú kapcsoló dobokkal, a készítendő munkadarabtól, az alkalmazott géptől és a szükséges technológiától függően minden egyes alkatrész gyártásához meg kell tervezni. Így tehát a görbetárcsák a geometriai kialakításokból adódó méreteikkel tárolják a munkadarab gyártásához szükséges elmozdulások sorrendjét, mértékét, valamint sebességét. Ezt a tárolt programot csúszó, ill. görgős tapintók alakítják mozgássá a tárcsák elfordulása közben. Az esztergák végrehajtó elemei, szerszámtartói, szorítópatronjai ennek megfelelően végeznek mozgást.

A görbetárcsák fentiekhez hasonló jellegzetes alkalmazási területe a különböző rendeltetésű célgépek vezérlő rendszere. Ezekben a berendezésekben is az ismertetteknek megfelelő funkciót elégítenek ki, azonban itt a speciális igényeknek megfelelően többfajta görbe lípust (máltai kereszt, szívgörbe stb.) testesítenek meg.

2. A GÖRBETÁRCSÁK HAGYOMÁNYOS TERVEZÉSE ÉS ELKÉSZÍTÉSE, A MÓDSZER HÁTRÁNYA

A forgácsoló gépeken alkalmazott tárcsák tervezésének első lépése az adott alkatrész elkészítéséhez szükséges technológiai paraméterek:

- előtolás,
- forgácsolási sebesség (fordulatszámok),
- szerszámelmozdulások (munkautak),
- műveletelemidők és ciklusidők

meghatározása és ezzel párhuzamosan a fentieknek megfelelő géptípus kiválasztása. Az adatokat számítások útján, nomogramok és táblázatok alkalmazásával határozzák meg a tervezők.

A számítások elvégzésével párhuzamosan kell megrajzolni az úgynevezett szerszámozási vázlatot is.

A tervezési munka második lépése a vezérlő tárcsák alábbi geometriai adatainak meghatározása:

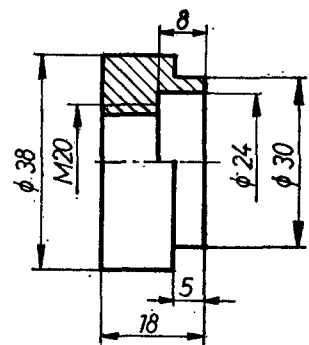
- az egyes görbe szakaszok típusa,
- az egyes görbe szakaszokhoz tartozó középponti szög (századrész),
- az egyes görbe szakaszok kezdő és végpontjaihoz tartozó sugarak hosszai (figyelembe véve a géptípus által meghatározott lehetséges r_{\max} és r_{\min} értékeket).

A tervezés ezen első két lépésének eredményeit megfelelően kialakított formanyomtatványokon szokás rögzíteni. Az 1. ábra a mintaalkatrészt, az 1. táblázat a vezérlőtárcsa tervezéséhez használt számítási lapot, a 2. ábra a felszerszámozási vázlatot mutatja.

A tárcsatervezés hagyományos módszere szerint ezután a tárcsákat meg kell szerkeszteni.

A hagyományos szerkesztési és elkészítési módszer hátrányai szembeütnek, ha megvizsgáljuk a szerkesztéshez használt görbetípusokat. A tárcsák kerületét alkotó görbedarabok funkciójuk tekintetében két csoportra oszthatók: meddő és termelő szakaszokra. Ez a csoportosítás gyakorlatilag megfelel a gépek fő- és mellékmozgásai fogalmának.

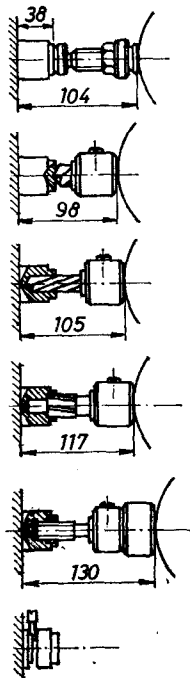
A meddő szakaszokon a vezérelt munkavégző elemek eleinte nyugalomban vannak, majd álló helyzetükből felgyorsulva a munkadarab megközelítését végzik el. Az egyes műveletelemek elvégzése után szintén ezek a meddő görbék vezetnek el a szerszámokat a munkadarabtól. Mivel cél az, hogy a meddő



1. ábra. Minta alkatrész

Számítási lap vezérlőtársa tervezéséhez

Szárn	A műveletelem megnevezése	Fordulat-szám (1/min)	Előtolás, mm (ford)	Munka-ut (mm)	Főorsó-fordulat-szám	Idő s		Századrész		Századrész		Sugár	
						fő	mellék	fő	mellék	-tói	-ig	-tói	-ig
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Revolverszár	a) Adagol, ütköztet	-	-	-	-	-	1	-	1,5	0	1,5	114	114
	b) Revolverfejet vált	-	-	-	-	-	1	-	1,5	1,5	3	-	-
	c) Központosít	710	0,2	6	30	2,5	-	4	-	3	7	114	120
	d) Revolverfejet vált	-	-	-	-	-	1	-	3	7	10	-	-
	e) Fur $\varnothing 17,3 \times 30$	710	0,12	30	250	21,2	-	34,5	-	10	44,5	83	113
	f) Revolverfejet vált	-	-	-	-	-	1	-	3	44,5	47,5	-	-
	g) Furatot süllyeszt	710	0,12	8,5	71	6	-	10	-	47,5	57,5	100	108,5
	h) Revolverfejet vált	-	-	-	-	-	1	-	3	57,5	60,5	-	-
	1) Fordulat-számot vált	-	-	-	-	-	(0,25)	-	(0,5)	(60,5)	(61)	-	-
	j) Menetet fúr	180	2,5	18	7,2	24	-	4	-	60,5	64,5	70	88
	k) Irányt vált	-	-	-	-	-	0,25	-	0,5	64,5	65	-	-
	1) Menetfúró visszafut	710	2,5	18	7,2	(0,61)	-	(1)	-	(65)	(66)	88	70
	m) Revolverfejet vált (kétszer)	-	-	-	-	-	(2)	-	(3)	(66)	(72)	-	-
Felsőszár	n) Leszur, beszur	710	0,05	11,85	237	20	-	32	-	65	97	68	80
	o) Leszurókés visszaáll	-	-	-	-	-	-	-	3	97	100	-	-
						52,1	5,25	84,5	15,5				



2. ábra. Felszerszámozási vázlat

görbe szakaszok által vezérelt mozgások minél rövidebb időt vegyenek igénybe, ezeket a görbéket dinamikai szempontok szerint kell megválasztani. Ezeket a szempontokat a logaritmikus spirális és a parabolikus görbe pályák elégítik ki. Az előbbi görbetype állandó tapintó szöget, a második állandó gyorsulást biztosít, így nem kerül sor tapintó befeszülésre és a hirtelen tömegnövekedés okozta géptörésre.

A termelő görbeszakaszokkal a mozgató szerzők meghatározott értékű, egyenletes előtolását kell megvalósítani. Erre a célra az egységnyi szögelfordulásonként állandó sugárnövekedést biztosító archimedesi spirális alkalmazható.

Ezeknek a görbéknek a megszerkesztése, előrajzolása a tárcsa nyersanyagán, majd elkészítése csak különböző közelítő módszerek alkalmazásával lehetséges hagyományos előrajzó készülékek és marógépek alkalmazása esetén. A hagyományos módszerekkel az elméleti görbék csak mm-es nagyságrendű eltérésekkel készíthetők el. Ez a tény azt jelenti, hogy technológus által meghatározott technológiai körülmények nem lesznek betartva, a megmunkált felület minősége, a munkadarab méretpontossága a tervezettől eltérő lesz. Ugyanakkor, mint az látható volt, a tárcsák több lépéses bonyolult eljárással készíthetők.

3. FEJLESZTÉSI CÉLKITŰZÉS

Mivel vállalatunknál az idén helyeztünk üzembe egy MAHO MHC-700-NC típusú marógépet, a gép és a meglevő HP 9830/A tip. számítógép együttes alkalmazásával kézenfekvő volt a görbetárcsa-tervezés és -gyártás korszerűsítése.

A marógép 0,1 μm bontású egyenes- és körinterpolátor pályavezérléssel van ellátva. A marószerszámmal leírandó pálya pontjainak koordinátáit tehát ilyen sűrűséggel számítja ki a vezérlő egység. Ez egy tetszőleges görbének elemi egyenesekkel vagy körökkel történő olyan pontos közelítését teszi lehetővé, hogy a kimart görbék nagyságrendekkel lesznek pontosabbak a hagyományos módszerekkel készített görbéknél. Az említett asztali számítógépünk felhasználásával ezért egy olyan program elkészítését tűztük ki célul, amely interaktív módszerrel dolgozik, és a különböző görbéket tetszőleges pontossággal a lehető legkevesebb számú közelítő körrel határozza meg. A közelítés módszerével szemben olyan igényt támasztottunk, hogy a programozónak csak a görbedarab végén megengedhető hiba nagyságát kelljen a számítógéppel közölnie, és a számítógép ebből automatikusan határozza meg a közelítő körök szükséges számát és geometriai adatait. Ezen a hibaértéken kívül (ami tetszőlegesen akár 1 mm vagy 0,01 mm is lehet) a programozónak csak az egyes görbe szakaszok kezdő (K index) és végpontjaihoz (Z index) tartozó sugarakat és középponti szögeket kell ismernie a program elkészítésekor.

A program lefuttatásához szükséges geometriai adatokat a 4. ábra mutatja.

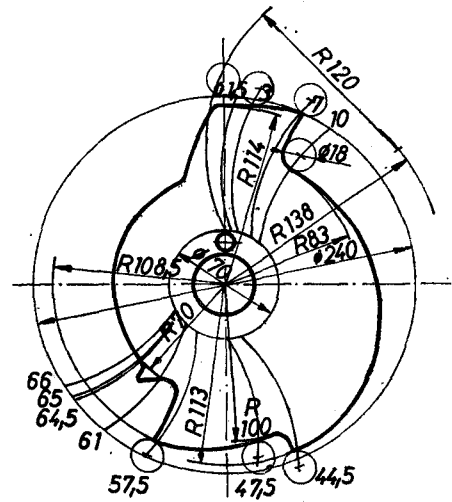
A számítógép a fenti adatok betáplálása után a programutasítások elvégzésével előállítja a marógépet vezérlő lyukszalagot és a tárcsát dokumentáló rajztot.

A fenti adatok meghatározását hagyományos úton végezzük el. Természetesen a tervezés ezen szakasza is számítógépesíthető, abban az esetben, ha rendelkezésre áll olyan memória kapacitású berendezés, amely képes tárolni a számításokhoz használatos forgácsolási technológiai adatokat és az automata-eszterga géppark ilyen szempontból érdekes paramétereit. Ennek megvalósítására pillanatnyilag nem volt módunk.

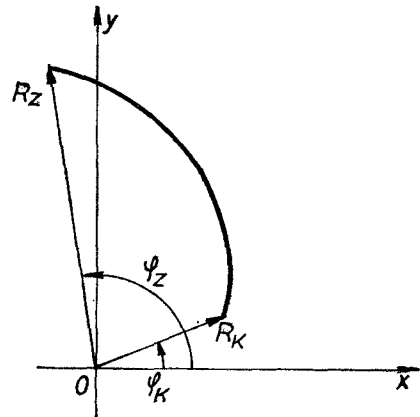
3.1. A célkitűzésnek megfelelő program matematikai kidolgozása

Mivel a szükséges számítógépes program célirányosan görbe tárcsák interaktív tervezéséhez készült, abba az előzőekben ismertetett leggyakoribb görbetípusokat: a kört, archimedesi és logaritmikusspirálist építettünk be. Az alkalmazott elven azonban bármilyen matematikai egyenlet által meghatározott görbe beépíthető.

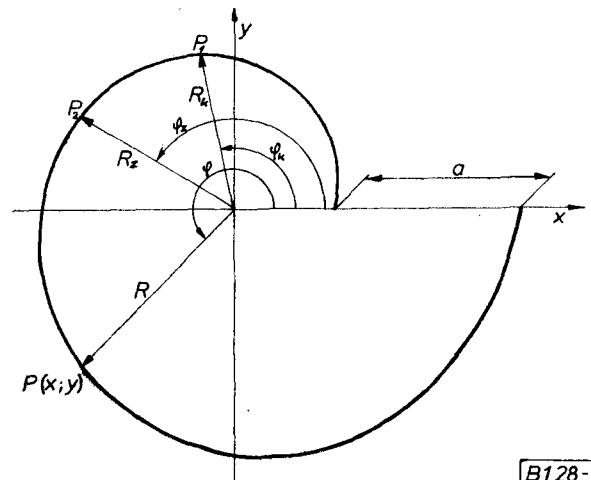
A tetszőleges pontosságú, körökkel való közelítés számítógépes programjának kidolgozását az archimedesi spirális példáján mutatjuk be (5. ábra). A jelölések értelmezése miatt az alábbi ábrán látható egy



3. ábra. Egy megszerkesztett vezérlőtárcsa



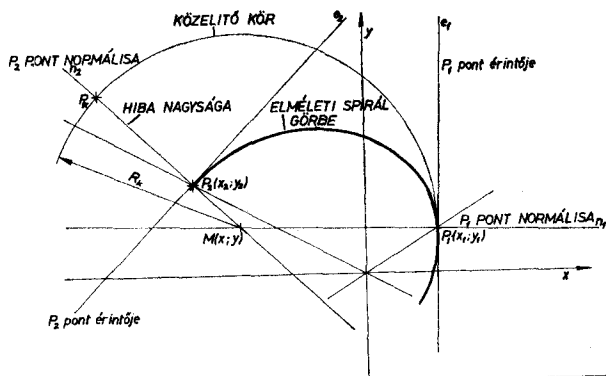
4. ábra. A program felfuttatásához szükséges geometriai adatok



5. ábra. Egy origó középpontú archimedesi spirális

spirális $0^\circ - 360^\circ$ közötti alakja. A tárcsáknál ebből nyilván csak egy darabot használunk fel.

Tételezzük fel, hogy a görbét a P_1 és P_2 pontjai között akarjuk egy körrel megközelíteni. Ebben az esetben a közelítő kör M középpontja a P_1 és P_2 pontokból húzott n_1 és n_2 normálisok metszéspontja lesz (6. ábra).



6. ábra. A körívvél való közelítés elve (az ábra szándékosan durva közelítést mutat)

A közelítő kör M középpontjának koordinátáit ilyen alapon a következőképpen határozhatjuk meg:
Az archimédesi spirális egyenlete:

$$r = a \cdot \varphi.$$

Mivel a programkészítéshez az egyes pontok $x-y$ koordinátáit kell megkapnunk, ezt át kell írni

$$x = a \cdot \varphi \cdot \cos \varphi,$$

$$y = a \cdot \varphi \cdot \sin \varphi.$$

Az „ a ” konstans meghatározása:

$$\Delta R = R_2 - R_1,$$

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1,$$

$$a = \frac{\Delta R}{\Delta \varphi}.$$

Természetesen igaz, hogy:

$$\varphi_2 - \varphi_1 \equiv \varphi_2 - \varphi_1 = \Delta \varphi.$$

Ezek után meghatározzuk a P_1 és P_2 közelítési pontokhoz tartozó normálisok egyenleteit a 7. ábra jelöléseinek használatával.

Egy adott $P_1(x_1; y_1)$ ponton átmenő adott irányítéyzőjű egyenes egyenlete:

$$y - y_1 = m \cdot (x - x_1).$$

Az m irányítéyző értéket a spirálfüggvény P_1 pontra meghatározott deriváltjának negatív reciprok értéke adja.

Az irányítéyző meghatározása céljából deriválni kell az archimédesi spirális polárkoordinátás egyenletét φ szerint:

(Megjegyezzük, hogy más görbetípusnál innét kezdve a számítás részletei az adott görbetípus egyenletének megfelelően megváltoznak, de az elv ugyanez marad.)

$$\frac{dx}{d\varphi} = a \cdot \varphi \cdot \sin \varphi + a \cdot \cos \varphi = a(\varphi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi)$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = -a \cdot \varphi \cdot \cos \varphi + a \cdot \sin \varphi = a(\sin \varphi - \varphi \cdot \cos \varphi)$$

Az érintő irányítéyzője:

$$m_e = \frac{dy}{dx},$$

tehát

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{d\varphi}}{\frac{dx}{d\varphi}} = \frac{a \cdot (\sin \varphi - \varphi \cdot \cos \varphi)}{a \cdot (\varphi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi)} = \frac{\sin \varphi - \varphi \cdot \cos \varphi}{\varphi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi}.$$

A normális irányítéyzője tehát:

$$m_n = \frac{1}{m_e} = \frac{\varphi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi}{\sin \varphi - \varphi \cdot \cos \varphi}.$$

Ebbe behelyettesítve a konkrét értékeket, a $P_1(x_1; y_1)$ és $P_2(x_2; y_2)$ pontokon átmenő normális irányítéyzője a következő lesz:

$$m_1 = \frac{\varphi_1 \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{\varphi_1 \cdot \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1}$$

$$m_2 = \frac{\varphi_2 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_2}{\varphi_2 \cdot \cos \varphi_2 - \sin \varphi_2}.$$

Az $M(x; y)$ metszéspont koordinátáit a két normális egyenletrendszeréből így már meghatározhatjuk:

$$y = m_1(x - x_1) + y_1,$$

$$y = m_2(x - x_2) + y_2.$$

A megoldás részleteit mellőzve a koordinátákra kapott egyenletek a következők:

$$x = \frac{m_1 x_1 - m_2 x_2 - y_1 + y_2}{m_1 - m_2}.$$

Az y koordináta értékét az x ismert értékének a fenti egyenletekbe való behelyettesítése után kapjuk meg.

A $P_1 P_2$ pontok közötti közelítő kör sugara:

$$R_k = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}.$$

A képletben szereplő x és y az M középpont koordinátáit jelenti.

Az eddigiekben ismertetett $M(x; y)$ és R_k értékek meghatározásának számítógépes programját a következő rövidített programlista szemlélteti (a teljes programlistát terjedelme miatt nem tudjuk bemutatni).

```

250 DISP „ARCH. SP=0/LOG. SP=1/KOR=2/VEGE=3”,
780 DISP „KEZDO SUGAR MM-BEN”,
790 INPUT Q
800 DISP „KEZDO SZOG FOK-BAN”,
810 INPUT S7
820 PRINT „KEZDO SUGAR .....=”Q,
830 PRINT „KEZDO SZOG.....=”S7
840 DISP „ZARO SUGAR MM-BEN”,
850 INPUT S5
860 DISP „ZARO SZOG FOK-BAN”,
870 INPUT S6
880 PRINT „ZARO SUGAR.....=”S5,
890 PRINT „ZARO SZOG.....=”S6

1350 X=((B2-B1-C*A2)/D+A1)/(1-C/D)
1360 Y=D*(X-A1)+B1

1400 R1=SQR((X-A1)↑2+(Y-B1)↑2)

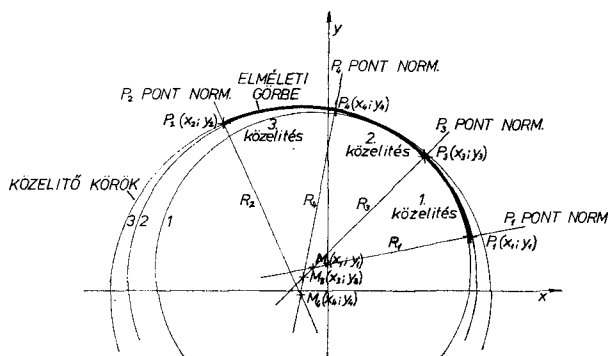
```

A programlista 250. számú mondatában választjuk meg a közelítendő görbe típusát, jelen esetben az archimédesi spirált. Az adatbekérés és kiírás a program 780–890 számú mondatai között történik, míg a számítás eredményei az 1350 számú (x), 1360 számú (y) és az 1400 számú (R_k) mondatokban láthatók.

Az így, sugarával és középpontjának koordinátáival meghatározott kör, mint az a 6. ábrán látható, egy bizonyos hibával közelíti meg az elméleti spirálgörbét. A hiba nagyságát a P_k és P_z pontok között az alábbi képlettel határozzuk meg:
Az elkövetett hiba nagysága:

$$H = R_k - \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}.$$

Mint azt a feladatkitűzésben ismertettük, ennek a hibának a megengedhető mértékét a programozó tetszőlegesen határozza meg. Ha az éppen programozott spirális darab (az eddigi példa alapján a P_1 és P_2 pontok közötti) nem közelíthető egy körrel a megadott hibahatáron belül, a program az elkövetett hiba nagyságától függően a P_1 és P_2 között további P_3, P_4 pontokat tűz ki, így növelve a közelítő körök számát. Fontos feltétel, hogy az egymást követő közelítő körök egymásnak érintő körei legyenek (7. ábra).



7. ábra. Spirális darab közelítése megadott határon belül

Az első közelítő kör sugarát és középpontját az előzőekben ismertetett módon számítja ki a program. A további közelítő körök számítása a következő:

A már ismertetett módon kiszámítjuk az M_1 metszéspontot, és az R_1 sugarat. A következő közelítő kör sugarának meghatározásához kiszámítjuk az M_1 és M_2 szakasz hosszát.

$$\overline{M_1 M_2} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}.$$

A további sugarak számításának módszerét ennek alapján a következő képlet mutatja be:

$$R_{N+1} = M + R_N.$$

Ha az utolsó közelítő kör adatával számolt H érték nagyobb, mint a programozó által közölt hibakorlát, a program újra számol, növelve a közelítő körök számát.

A közelítő hiba meghatározásának rövidített programlistája:

```

2290 H=R1-Z9
2300 H=ABSH
2310 IF H>0 THEN 2340
2320 H2=H
2330 GOTO 2370
2340 IF H>H2 THEN 2360
2350 GOTO 2370
2360 H2=H
2370 F2=F2*180/PI
2380 F1=F2
2390 IF F1>F7-F9 THEN 2440
2400 X1=X
2410 Y1=Y
2420 Z=1
2430 GOTO 1210

```

Ha viszont a közelítés pontossága megfelelő, a spirálgörbét a megkívánt kezdőszög (φ_k) helyzetbe kell forgatni, tehát a közelítő körök középpontjait az ennek megfelelő helyzetbe kell tolni.

Ehhez a bemenő adatként tárolt φ_k vagy φ_z és a számított φ_{sk} vagy φ_{sz} értékek különbségét képezzük, amit β -val jelölünk:

$$\beta = \varphi_{sk} - \varphi_k \quad \text{vagy} \quad \beta = \varphi_{sz} - \varphi_z,$$

és az $M(x; y)$ pontokat a szög értékével elforgatjuk a $P(O; O)$ pont körül.

A helyzetbe forgatott közelítő körök középpontjainak új $M'(x'; y')$ koordinátáit a következőképpen számíthatjuk:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2},$$

$$\alpha = \arctg \frac{y}{x},$$

$$x' = R \cdot \cos(\alpha + \beta),$$

$$y' = R \cdot \sin(\alpha + \beta).$$

Az ismertetett eljárással meghatározható a közelítő körök sugara, és középpontja az archimédesi spirálisnál.

Mint azt az előzőekben említettük, a logaritmikus spirális és a parabolikus görbe közelítése ugyanezen

elvnek megfelelően történik, figyelembe véve ezen görbék eltérő geometriai egyenletét.

Például ez a logaritmikus spirális esetében a következőképpen történik:

A logaritmikus spirális egyenlete:

$$r = e^{a \cdot \varphi}$$

Az egyenlet polárkoordinátás alakja:

$$x = e^{a \cdot \varphi} \cdot \cos \varphi,$$

$$y = e^{a \cdot \varphi} \cdot \sin \varphi.$$

A fentieknek megfelelő bemenő adatok:

Kezdősugár (R_k)

Kezdőszög (φ_k)

Zárósugár (R_z)

Zárószög (φ_z)

Az „a” konstans meghatározása:

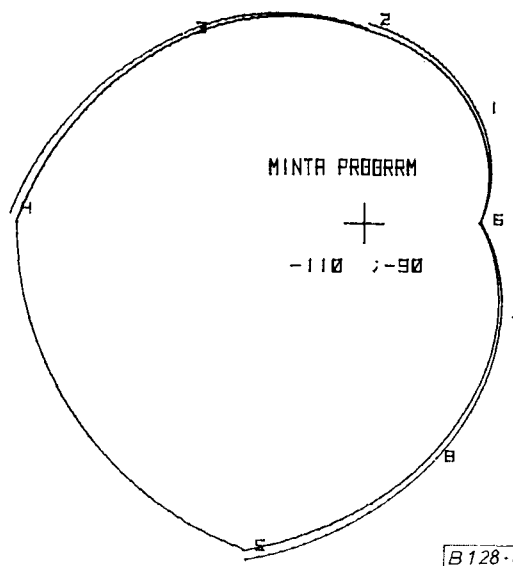
$$R_k = e^{a \cdot \varphi_k},$$

$$R_z = e^{a \cdot \varphi_z},$$

$$\frac{R_k}{R_z} = \frac{e^{a \cdot \varphi_k}}{e^{a \cdot \varphi_z}},$$

$$a = \frac{\ln \Delta R}{\Delta \varphi}.$$

A közelítés és programkészítés menete a továbbiakban teljes mértékben megegyezik az archimédesi spirálisra bemutatott módszerrel.



8. ábra. Ellenőrzési példa plotterrajz segítségével

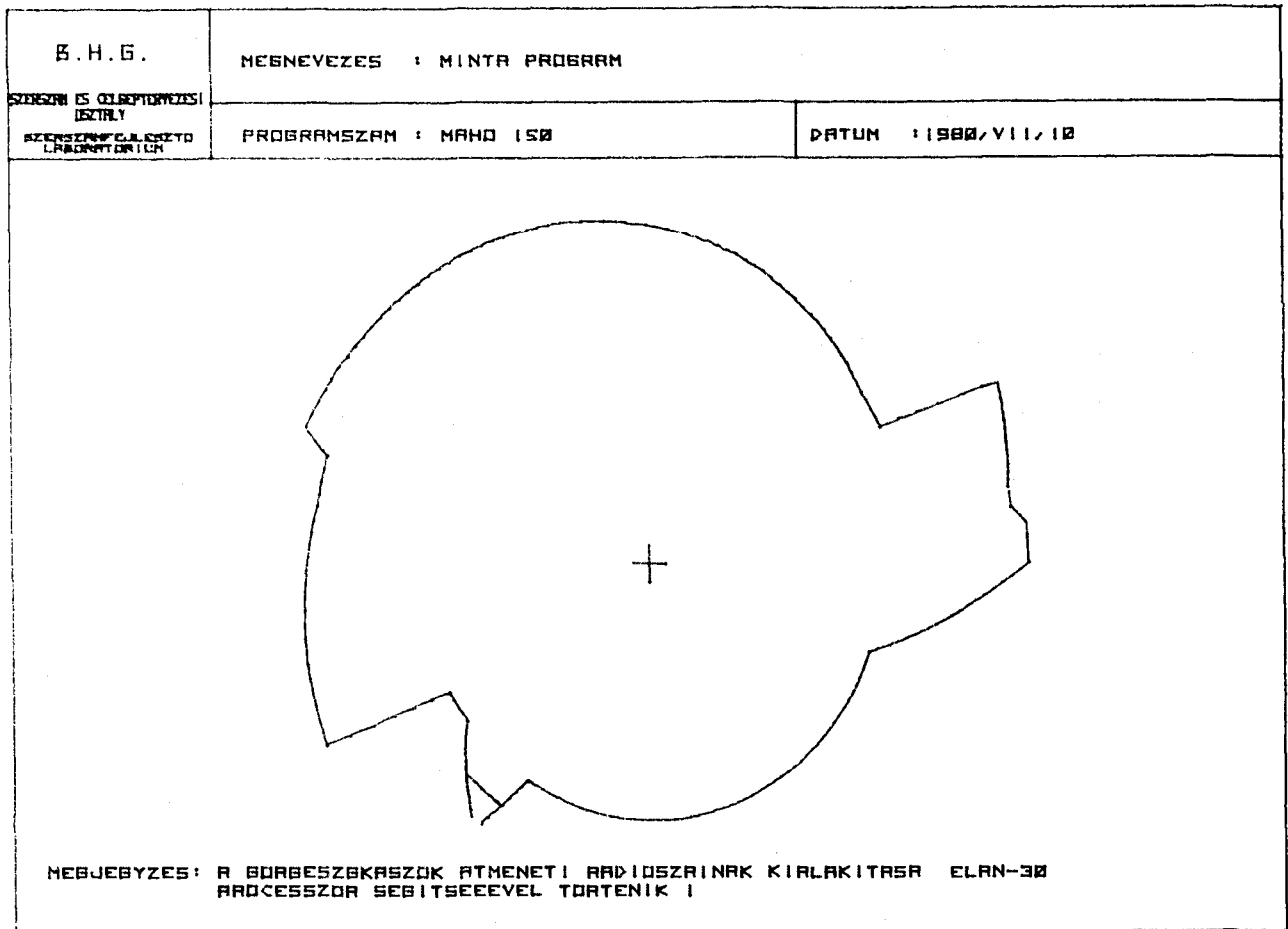
Mint az a leírtakból láthatóvá vált, koordináta-geometriai módszerekkel meghatározhatók a függvényeket tetszés szerinti pontossággal közelítő körívek sugarai és helyzetük a görbetárcsa forgáspontjához viszonyítva. A program emellett képes marandó módon dokumentálni az általunk megadott adatok mellett az elkövetett hiba nagyságát és a közelítő körök számát is.

A szerszámszerkeztőnek a számítógépes tervezés közben vizuális ellenőrzési lehetősége is van, a HP

2. táblázat

Vezérlőtárcsa tervezési adatlapja

Sorszám	Művelet megnevezés	Körívek száma	előtolás mm/bid	Fő idő (ford)	Mellék idő (fok)	Fő idő (fok)	Beosztás (°)		Helyi tárcsa	Körívek száma	Körívek típusa	Tárcsa beosztás (fok)		Sugárk (mm)		Fel-levezető görbe (log)			
							-tól	-ig				-tól	-ig	kezdő	vég	-tól	-ig	kezdő	vég
1	Adagol. ütköztes	-	-	-	5,4	-	0 - 5,4	R	1:1	kör	0	5,4	114	114	5,4	8	114	110	
2	Revfejet vált	-	-	-	5,4	-	5,4 - 10,8	R	1:1	kör	8	10,8	110	110					
3	Központos	6	0,2	30	-	144	10,8 - 25,2	R	1:1	arch	10,8	25,2	110	116	25,2	28	116	79	
4	Rev fejet vált	-	-	-	10,8	-	25,2 - 36	R	1:1	kör	28	36	79	79					
5	Fűr $\phi 73 \times 30$	30	0,12	250	-	124,2	36 - 160,2	R	1:1	arch	36	160,2	79	102	160,2	163	109	100,5	
6	Rev fejet vált	-	-	-	10,8	-	160,2 - 171	R	1:1	kör	163	171	100,5	100,5					
7	Furatot sülly	8,5	0,12	71	-	36	171 - 207	R	1:1	arch	171	207	100,5	109	207	210	109	70	
8	Rev fejet vált	-	-	-	10,8	-	207 - 217,8	R	1:1	kör	210	217,8	70	70					
9	F.szám irány vált	-	-	-	(1,8)	-		R	1:1										
10	Menet fűr	18	2,5	7,2	-	14,4	217,8 - 232,2	R	1:1	arch	217,8	232,2	70	88					
11	F.szám irány vált	-	-	-	1,8	-	232,2 - 234	R	1:1	kör	22,6	238	80	80					
12	Menet fűr vissza	8	2,5	7,2	-	(3,6)	(234 - 237,6)	R	1:1	log	234	237,6	88	70					
13	Rev fejet vált	-	-	-	(10,8)	-		R	1:1	kör	237,6	340	70	70	340	360	70	114	
14	Leszűr beszűr	11,65	0,05	237	-	115,2	234 - 349,2	III	1:1	arch	234	349,2	68,15	80	220	234	30	68,15	
15	Leszűrő vissza	-	-	-	10,8	-	349,2 - 360	III	1:1	log	349,2	360	30	30					
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			



B128-9

9. ábra. A vezérlőtárcsa plotterrajza

9862 típusú plotter segítségével. A rajzgépen össze lehet hasonlítani a közelített görbét az elméleti görbével. Egy-egy görbeszakasz közelítésének megtervezése után, ha az megfelel, tovább lehet folytatni a programot, és a számítógép tárolja az addig kiszámolt adatokat.

Ha a szerszámszerkesztőnek a kirajzolt görbe nem felel meg, lehetősége van javításra és ismételt ellenőrzésre (8. ábra).

A rajzon a szemléletesség kedvéért nagy hibakorláttal végeztük el a közelítést. Mint látható, a közelítő körívek minden esetben kívülről burkolják az elméleti függvény görbét. Ez csak programtechnikai kérdés, mert ha a hibakorlátnak 0,01 mm, vagy fokozott pontosság esetén 0,001 mm-t adunk meg, gyakorlatilag nincs jelentősége annak, hogy a közelítés kívülről vagy belülről történt. Görbetárcsák esetén eddigi tapasztalatunk szerint a 0,05 mm-es közelítés már igen pontos eredményt ad. A rajzon látható számozás a közelítő körök azonosítására szolgál, ami igen fontos a program ELAN 30 proceszorhoz való illesztéskor. A tervezés összes adatát ugyanis a számítógép lyukszalagra tárolja, amely az ELAN 30 proceszor segítségével tetszőlegesen feldolgozható az NC vezérlésű gép számára.

3.2. Az új módszernek megfelelő tervdokumentáció

A kidolgozott módszer következtében a vezérlőtárcsák megtervezésekor elkészített dokumentáció automataesztergák esetében a következőkből áll:

- adatlap az esztergagép felszerszámozási vázlatával és a számítógépes tervezés bemenő adataival,
- a vezérlőtárcsa plotterrajza,
- a tárcsa legyártásához szükséges gépi lyukszalag.

Ezt a dokumentációt az 1. ábrán látható alkatrésze elkészítve az alábbi ábrákon mutatjuk be. Példaképpen a revolverfej mozgató végző vezérlőtárcsát mutatjuk be.

A 2. táblázat a vezérlőtárcsa tervezési adatlapját, a 9. ábra a vezérlőtárcsa plotterrajzát mutatja.

Az így megtervezett görbetárcsák készítéséhez MAHO MHC-700 NC típusú pályavezérlésű marógépünket használjuk. A gépet felkészülékeztük, így a megmunkálandó tárcsa egyszerűen, gyorsan a 0° pontjával meghatározott helyzetbe állítható. A lyukszalagon tárolt adatok beolvasása után a gép elkészíti a megtervezett profilt.

Az így elkészült tárcsa további utánnninkálást nem igényel.

A tárcsa vezérlő felületének minősége igen jó, s az megfelel a nagyobb koptató igénybevételt jelentő nem görgős tapintóval rendelkező automata esztergákon való felhasználásra is. Az eltérés az elméleti görbétől, a számítógépen meghatározott értékű, tehát a tervezőtől függ. A tárcsa gyártási ideje töredéke a hagyományos gyártási időnek, mindössze

néhány perc. A tervezési, programozási idő — gyakorlatl — egy 4—5 db-os görbetárcsa készletnél bonyolultságtól függően 1—3 óra.

Üzemi tapasztalataink bizonyítják, hogy módszerünk a gyakorlatban bevált. Az ismertetett módszerrel sikerült a tárcsák átfutási idejét — a szerkesztéstől a kész tárcsáig — a fokozott alak és méretpontosság mellett a hagyományos eljárás idejének töredékére csökkenteni.
