

# Mély-fúróciklusok optimalizálása „Fanuc” típusú vezérléseknél (Optimizing deep-drilling cycle "Fanuc" type controls)

Fodor Antal<sup>1</sup>, Dr. Boza Pál<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Járműtechnológia Tanszék

A CNC gépeken gyártott furatoknál a keletkező forgács alakja és a furatból történő eltávolítása döntő jelentőségű. A probléma megoldására a CNC vezérléseket gyártók számos megoldást ajánlanak a felhasználóknak. A gyakorlatban elterjedt vezérléseket megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a beégetett fúróciklusok merevek, számos fontos technológiai paramétert a megmunkálás során nem vesznek figyelembe, illetve optimalizálásra nincs lehetősége a felhasználónak. Ebben a munkában a fúróciklusok optimalizálásával foglalkozunk. A fúrószerszám mozgását paraméteresen programozzuk, ezzel a felhasználó egy rugalmasabb, számos technológiai paramétert figyelembe vevő fúróciklust alkalmazhat.

## **Abstract:**

The shape of the chip and its removal from the hole as a major importance at CNC machines. To solve this problem, the manufacturers of CNC controls provide several solutions for the users. In the most often used controls the programmed drilling cycles are inflexible and do not take into consideration several technical parameters and there is no possibility for optimization on behalf of the user. The present work concerns the optimization of drilling cycles. The movements of the drilling tool is programmed using parameters, thus the user can benefit of a more flexible drilling cycle that takes into consideration several technical parameters.

**Kulcsszavak:** fúróciklus, paraméteres programozás, éltartam.

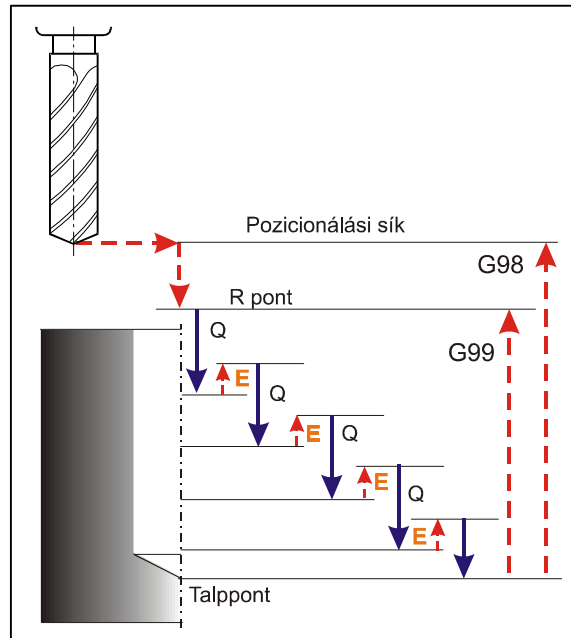
**Keywords:** drilling cycles, parametric programming, tool life

## **1. Bevezetés**

A forgácsolás során a furatok megmunkálása jelentős gépi időt kötnek le a gyártóknál. Ennek érdekében a CNC vezérléseket gyártó cégek számos fúróciklust fejlesztettek ki a felhasználóknak, hogy optimalizálni tudják a gyártáshoz szükséges időt. A furatok fúrásánál a legfontosabb feladat a forgácseltávolítás. Abban az esetben, ha ez nincs megoldva a fúrás folyamata és a furat minősége is veszélyben van. A keletkezett forgács alakja akkor fogadható el, ha a forgács zavartalanul el tud távolodni a furatból. A CNC gépkezelők már a forgács alakjából, a hang effektusokból el tudják dönteni, hogy a forgács el akadhat-e a félig zárt forgácsterű fúrószerszámban. Természetesen a megmunkálandó anyag és az alkalmazott technológiai paraméterek is jelentősen befolyásolhatják a forgács alakját.

Még körültekintőbben kell eljárni a mélyfuratok gyártásánál, mivel itt a szerszám sokkal rosszabb körülmények között dolgozik. Ebben az esetben a szerszámnak „belső” hűtéssel kell rendelkezni, azért hogy képes legyen kimosni a forgácsot a furatból. Mélyfuratoknál célszerű (ajánlott) körülbelül  $2xD$  mélységű ( $D$  a furat átmérője) vezető furatot készíteni, ügyelve arra, hogy a vezetőfuratok alakja ugyanazon profillal és névleges átmérővel rendelkezzen, mint a fő furat. Gyakran előfordul, hogy nem használunk vezető furatokat, ilyenkor kis ( $v_c=45$  m/min) vágósebességgel és nagyon kis előtolással ( $f=0,02$  mm/ford) kell kezdeni a fúrást. Majd lépcsőzetesen növelhetjük az előtolás és a vágósebesség értékét. A szerszámgyártók hasonló tanácsokat adnak szabálytalan durva felületek bekezdő

fúrásainál. Ilyenkor a beállított normál értékekhez képest  $\frac{1}{4}$ -re kell csökkenteni a technológiai paramétereket. A Fanuc típusú vezérléseknél a mélyfúratok fúrásánál két fúróciklust fejlesztettek ki. Az 1. ábrán nagysebességű mélyfúró ciklus mozgásviszonyait mutatjuk be. (Megjegyzés: Fanuc típusú vezérlésnek tekintjük a Magyarországon elterjedt és kedvelt NCT típusú vezérléseket). A normál mélyfúró ciklus abban különbözik, hogy minden „Q” hossz lefúrása után a fúrószerszámot kiemeli a vezérlés a furatból, annak érdekében, hogy a forgácsot biztonsággal el tudja távolítani.



1. ábra. A nagysebességű fúróciklus mozgáselemei

Mind a két esetben a programozható paraméterek kötöttek, számos lényeges változtatásra a felhasználónak nincs lehetősége. A „Q” az egy időben fúrt furat hossza a fúrás során végig állandó. Pedig a fúrás során találkozhatunk olyan anyaggal ahol nem szükséges minden „Q” érték után kihúzni a furatból a fúrószerszámot, hogy a forgácsot eltávolítsuk. Az előtolás és a vágósebességek értékei sem változtathatók tetszőlegesen.

Ebben a munkában a paraméteres programozás segítségével létrehozott makro program alkalmazásával szeretnénk rugalmasabbá tenni a furatfeldolgozást Fanuc típusú vezérléseken, a szerszám éltartam növelése, illetve a gépi főidő csökkentése érdekében [1].

## 2. Paraméteres programozás

A paraméteres programozás lényegében egyenértékűnek tekinthető az alkatrészprogramok programozott koordináta adatai, technológiai adatai, vagy a ciklusok címeinek részben változókkal történő helyettesítésével. A program tartalmazhat még aritmetikai műveleteket és matematikai függvényeket, feltételes kifejezéseket, elágazásokat, utasításokat, valamint elérhetjük azt, hogy a program egyes lépései logikai feltételekhez legyenek kötve. A programfutás ezzel tetszőleges matematikai függvényekkel leírt feltételek szerint alakulhat. Mindez együttesen óriási programozói szabadságot nyújt. A paraméteres programozással leginkább hasonló alakú, de változatos méretű darabok esetén a változók átírása mellett, nem kell újabb és újabb programokat készíteni, tehát egy jól megírt paraméteres programmal egy egész alkatrészcsalád programját készíthetjük el. A változók átírását megtehetjük a CNC gép programtárában található paraméterjegyzékben, vagy lehetséges a paraméteres program elejére illesztett változó jegyzéket készítve, azokkal

módosítani a kívánt alakzat méreteit. A paraméteres programokkal a különböző zseb- és szigetmarások gyártása mellett, speciális felületek, analitikusan nem leírható görbék, ellipszisek, parabolaívok, különféle spirális görbék is programozhatók, melyek hagyományos programozással nem valósíthatók meg.

A paraméteres programozás nagy előnye, hogy nincs szükség külön szoftverek megvásárlására, mivel ezt minden Fanuc típusú vezérlés alapkiépítésben tartalmazza.

Hátrány lehet a CAD/CAM programokkal szemben, a 32 bit alatti processzorral rendelkező vezérléseknél (főképpen a nagysebességű megmunkálásoknál) hogy nem előre deklarált adatokkal dolgozik, hanem programfutás közben számolja ki az elmozduláshoz szükséges koordinátákat. A számítás időigénye miatt lehetséges, hogy a mozgás nem a megadott előtolással történik, hanem annak sebességét processzor-idő határozza meg. A paraméteres programfutás során a mozgásparancsot tartalmazó mondatok közé ékelődnek be a számításokat tartalmazó ciklusok, ami a többszörös számításokat tartalmazó mondatoknál jelenthet problémát. A modern gyors processzorok terjedésével ez a probléma már lassan megoldódik. Az NCT vezérlőnél gyorsíthatjuk a koordináta adatok számítását azzal, hogy (az SBSTM paraméter értékét kell 1-re állítva) engedélyezzük a vezérlőnek azt, hogy az NC mondatok végrehajtása közben végezze el a paraméterek számítását. Más, lassabb processzorokkal szerelt vezérlők esetén a számításokat tartalmazó mondatok egyszerűsítése és a számítások kevesebb mondatba tömörítése jelenthet megoldást [2].

A paramétereket # jel felhasználásával adhatjuk meg, és az utána álló számmal azonosíthatóak.

### **3. Makro mélyfurat gyártásához**

A paraméteres programozás igazi jelentősége azonban a felhasználói makró készítésben van. Azokat a speciális alprogramokat nevezzük felhasználói makrónak, amelyek egyáltalán nem tartalmaznak konstans számértékeket. A makró készítése során változókat alkalmazunk, amelyek névvel ellátott memóriaterületek, regisztercímek, amelyeknek értéket adhatunk vagy általuk a rendszer működéséről, állapotáról, szánok helyzetéről szerezhetünk információkat. A változók használatával a megfelelő méret adatok parametrizálhatók, ezáltal a programok sokkal rugalmasabbá tehetők [1][2].

A következőkben a Kecskeméti Főiskola jármű tanszék CNC laborjában, jelenleg is fejlesztés alatt álló, a FANUC típusú NCT104T és NCT201L esztergavezérlésekre készített tesztelt makrók közül az együtemű furatmélység tekintetében változó hosszúságú, öntisztító mélyfurat makrót mutatjuk be.

#### ***a. Paraméteres program***

A bemutatásra kerülő mélyfurat makro kisebb nagyobb átalakításokkal alkalmassá tehető maróvezérlőkön való használatra is, de első sorban az esztergálásnál jelentkező komoly problémára hoz megoldást, ahol a forgószerszámként deklarált fúrószerszám valójában csak kvázi forgószerszám. Ez a forgács eltávolításakor okozhat problémát. Marógépen történő furatfeldolgozás során a forgács, a ténylegesen forgó szerszámtól jelentős perdületet kap, ezért legtöbbször könnyen képes eltávozni a forgácshoronyból, a rendelkezésre álló beégetett ciklusok alkalmazásával. Az esztergálási technológiával megvalósított fúrás során a ténylegesen forgó munkadarab nem, vagy csak elhanyagolható mértékben ad át perdületet a keletkező forgácsnak, ezért annak a forgácshoronyból való kijutása legtöbbször nehézkes. Ez főként kisméretű furatok készítésekor okoz problémát, amikor a forgácseltávolítást geometriai, és technológiai okok miatt, nem lehet elősegíteni belső hűtésű fúrószerszám alkalmazásával. A beégetett ciklusok közül az egyszerű mélyfúró ciklussal elérhetjük, hogy ez

a probléma ne jelentkezzen, azonban ez lelassítja a furatkészítést. Ennek oka, hogy a mélyfúró ciklusok alkalmazása általános esetben 5 L/D viszonynál és annál nagyobb esetben célszerű alkalmazni, ekkor viszont az egy ütemben fúrt furathosszt nem javasolt a fúró átmérőjénél nagyobbra választani. Könnyen belátható, hogy pl.: 7L/D furathossznál az lenne az ideális, ha 4-5D-ig együtemben fúrnánk ki a darabot, hiszen addig nem számít mélyfúratnak majd a maradékot, további egy, esetleg két ütemben készíthetnénk el.

A kifejlesztett makróban a FANUC típusú vezérlőkön alkalmazott mélyfúró, és nagy sebességű mélyfúró ciklusok olyan kombinációját fejlesztettük ki, amelyben az együtemben fúrt furathosszát is paraméteresen befolyásolhatjuk.

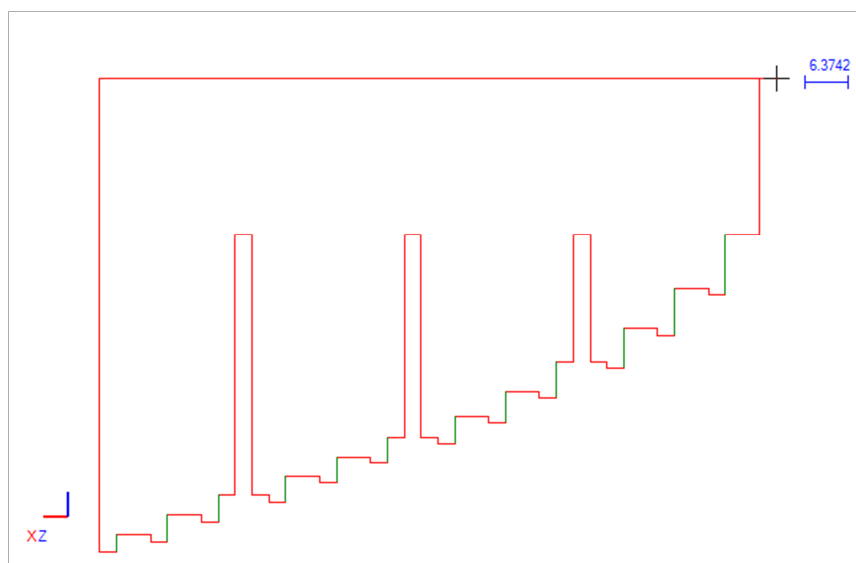
Ebben a makróban beállíthatók az alap technológiai paraméterek pl.: fordulatszám, forgásirány, előtolás, munkadarab felszíne, pozicionálási,- referencia sík furatmélység, együtemben fúrt hossz, visszahúzás mértéke az ütem után. Ezek mellett további beállításokkal tehetjük a gyorsabbá, pontosabbá megmunkálást, valamint a szerszám éltartamát is növelhetjük a következő kiegészítő paraméterekkel: várakozási idő a furatmélységen minden ütemben, furatmélység csökkentése az egymást követő ütemekben, legkisebb ütem nagysága, teljes kihúzás a furatból meghatározott ütemszámonként, várakozás a teljes kihúzás alatt.

A beállított paraméterek:

- #100=1600 (FORDULATSZÁM)
- #101=03 (FORGASIRÁNY)
- #102=0.1 (ELOTOLÁS MM/FORD)
- #103=20.0 (FÚRANDÓ FELÜLET "Z" POZÍCIÓJA)
- #104=25.0 (POZÍCIONALASI SÍK A FELÜLETTŐL)
- #105=2.0 (REFERENCIA SÍK A FELÜLETTŐL)
- #106=45.0 (FURAT MÉLYSÉG)
- #107=7.0 (FURATHOSSZ EGY ÜTEMBEN)
- #108=2.0 (VÁRAKOZÁS ÜTEM UTÁN)
- #109=1.0 (VISSZAHÚZÁS ÜTEM UTÁN)
- #110=0.85 (ÜTEM MÉLYSÉG RÖVIDÍTÉS %)
- #111=2.9 (LEKISEBB ÜTEM MÉLYSÉG)
- #112=3.0 (TELJES KIHÚZÁS "N" ÜTEM UTÁN)
- #113=5.0 (VÁRAKOZÁS KIHÚZÁS UTÁN)

A számításához szükséges segéd paraméterek:

- #121=#107 (ÜTEM MÉLYSÉG)
- #122=#107 (FURATMÉLYSÉG AZ ÜTEM VÉGÉN)
- #123=#105 (MEKÖZELÍTÉSI / VISSZAHÚZÁSI PONT)
- #124=0.0 (CIKLUS SZÁLÁLÓ) a teljes visszahúzáshoz



2. ábra. A készített program mozgásfolyamata

A következő táblázatban láthatunk egy 45mm-es mélységű Ø3-as furat készítésének a makro által számított pozícióit.

1. táblázat. Mélyfurat makro számítási paraméterei

Iterációk száma.	#123 - 1 <sup>st</sup>	#121 - 1 <sup>st</sup>	#121 - 2 <sup>nd</sup>	#122 - 1 <sup>st</sup>	#122 - 2 <sup>nd</sup>	#123 - 2 <sup>nd</sup>	#124
1	-2.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	1
2	6.0	5.95	5.95	12.95	12.95	11.95	2
3	11.95	5.06	5.06	18.01	18.01	17.01	3
A fúró visszahúzza a referencia síkra, ott várakozik 0.5 mp, majd gyorsmenetben visszaáll Z-17.1-re							
4	17.01	4.3	4.3	22.31	22.31	21.31	1
5	21.31	3.65	3.65	25.96	25.96	24.96	2
6	24.96	3.11	3.11	29.07	29.07	28.07	3
A fúró visszahúzza a referencia síkra, ott várakozik 0.5 mp, majd gyorsmenetben visszaáll Z-28.7-re							
7	28.07	2.64	2.9	31.97	31.97	30.97	1
8	30.97	2.24	2.9	34.87	34.87	33.87	2
9	33.87	1.91	2.9	37.77	37.77	36.77	3
A fúró visszahúzza a referencia síkra, ott várakozik 0.5 mp, majd gyorsmenetben visszaáll Z-36.77-re							
10	36.77	1.62	2.9	40.67	40.67	39.67	1
11	39.67	1.38	2.9	43.57	43.57	42.57	2
12	42.57	1.17	2.9	46.47	45	42.57	2
A fúró visszahúzza a pozícionálási síkra, a makro futás vége visszatérés a főprogramba							

Világoskék	színnel jelöltük a program által nem megvalósított adatokat.
Világoszöld	színnel jelöltük a program által felülírt adatokat.
Világossárga	színnel jelöltük a program újra nem számított.

A #121 - 1<sup>st</sup> paraméter számolja az együtemben fúrt furathosszt, amit a #121 - 2<sup>nd</sup> paraméterben számított értékkel felülbírá, ha a #121 - 1<sup>st</sup> paraméter számított értéke kisebb lesz a #111-es paraméterben minimálisan beállított értéknél.

A #122 - 1<sup>st</sup> paraméter számolja a furatmélységet, amit a #122 - 2<sup>nd</sup> paraméterben számított értékkel felülbírá, ha a #122 - 1<sup>st</sup> paraméter számított értéke nagyobb lesz a #106-os paraméterben beállított furatmélység értékénél. Ezzel elkerülhető, hogy a fúróciklus ne legyen indokolatlanul hosszú, ami a gépi fődőt növelné feleslegesen.

A #123 - 1<sup>st</sup> paraméter számolja a megközelítési pontot, ami az első esetben a referencia sík, a továbbiakban megegyezik a #123 - 2<sup>nd</sup> paraméterben számított visszahúzási pozícióval.

A #124-es paraméter számolja az iterációk számát, amik után teljes kihúzást hajt végre a vezérlés.

A program lehetőséget biztosít arra, hogy meghatározott fordulatszám teljesüléséig várakozzon a fúró minden egydőben fúrt furatmélységen, – ami a nehezen megmunkálható anyagok forgácsolásnál lehet előnyös, – és minden teljes kiemelésnél, – ami a forgácseltávolítás elősegítése mellett elég időt biztosíthat a fúrószerszám visszahűtésére is. Ezzel a beavatkozással növelhetjük a fúró éltartamát [1][3][4].

### **b. Makro program**

Az elkészített program eddig, valójában még „csak” egy paraméteres program. Ahhoz, hogy makró program legyen, szükséges úgy átalakítani, hogy makro hívással meghívható legyen.

A makro hívása pl.: a G65 P(programszám) L(ismétlési szám) <argumentum kijelölés> makro hívás után, argumentum átadással lehetséges lokális változók segítségével.

Az argumentum átadásnak azonban vezérlés specifikus szabályai vannak. Az argumentumok meghatározott címeknek adott olyan konkrét számértékek, amelyek a makro hívás során a megfelelő lokális változóban kerülnek eltárolásra. A makro program ezeket a lokális változókat használja fel, vagyis a makro hívás olyan speciális alprogramhívás, ahol az alprogramnak a főprogram változókat (paramétereit) tud átadni.

### c. Makro program készítése

A makro program készítéséhez szükséges hogy a 9000-es programcsoporthoz tartozó önálló programszámot adjunk a programnak. A program a **%O9503**-as számot kapta. A 9000-es programcsoportban szokás elhelyezni, a vezérléshez illesztett olyan makrókat is, amik pl.: a szerszám,- és munkadarab beméréshez, egyéb mérőciklusokhoz szükségesek [3][4].

Ha az eddig rendelkezésre álló paraméteres programból makro programot szeretnénk készíteni, akkor a következő átalakításokat szükséges elvégezni makro program alkalmazásához, illetve a gépkezelőt vagy programozót el kell látni paraméterjegyzékkel.

#### **G65 P9503 S2900 M03 F0.1 A25.0 B25.0 R2.0 Z45.0 Q7.0 V2.0 E1.0 C0.85 U2.9 H3.0 W5.0**

-	#100	helyett	S #19	(FORDULATSZÁM)
-	#101	helyett	M #13	(FORGASIRÁNY)
-	#102	helyett	F #9	(ELOTOLÁS MM/FORD)
-	#103	helyett	A #1	(FÚRANDÓ FELÜLET "Z" POZÍCIÓJA)
-	#104	helyett	B #2	(POZÍCIONALASI SÍK A FELÜLETTŐL)
-	#105	helyett	R #18	(REFERENCIA SÍK A FELÜLETTŐL)
-	#106	helyett	Z #26	(FURAT MÉLYSÉG)
-	#107	helyett	Q #17	(FURATHOSSZ EGY ÜTMBEN)
-	#108	helyett	V #22	(VÁRAKOZÁS ÜTEM UTÁN)
-	#109	helyett	E #8	(VISSZAHÚZÁS ÜTEM UTÁN)
-	#110	helyett	C #3	(ÜTEM MÉLYSÉG RÖVIDÍTÉS %)
-	#111	helyett	U #21	(LEKISEBB ÜTEM MÉLYSÉG)
-	#112	helyett	H #11	(TELJES KIHÚZÁS "N" ÜTEM UTÁN)
-	#113	helyett	W #23	(VÁRAKOZÁS KIHÚZÁS UTÁN)

- Továbbfejlesztési lehetőségek:

Az elkészített makro program jelenleg nem vizsgálja, a beírt paraméterek hiánytalanságát illetve egyelőre nem teszi lehetővé az átmenő furatok esetében az előtolás csökkentését.

## Összefoglalás

Ebben a munkában fel kívántuk hívni a gyártással foglalkozó szakemberek figyelmét, hogy a furatok gyártása során a makro programozás segítségével jelentős nagyságú gépi időt takaríthatnak meg. Ugyanis az általunk javasolt technikával beállíthatók a legfontosabb optimális technológiai paraméterek pl.: forgácsolási sebesség, előtolás stb. Mindezek mellett lehetőség van a fúrószerszámok ideális mozgatásához szükséges programok leírására is. A makro programozáshoz szükséges ideális technológiai paraméterek meghatározásához minden esetben forgácsolási kísérletet célszerű végezni. Összességében a bemutatott eljárás alkalmazásával lehetőség nyílik a gyártás költségének jelentős csökkentésére.

## Hivatkozások:

- [1] Dr. Boza Pál CNC-TECHNOLÓGIA és -PROGRAMOZÁS, Jegyzet 2008. H-379.  
 [2] Sipos Jenő, Apostol Attila, Nagy Balázs Makro programok fejlesztése a CNC szerszámgépek programozásában, Hadmérnök, 2010. V. Évfolyam 1. szám. pp.: 396-407  
 [3] Peter Smid FANUC CNC Custom Macros, Industrial Press, Inc., New York, 2005.  
 [4] NCT 201L Programozási leírás