



KECSKEMÉTI FŐISKOLA
GAMF KAR
JÁRMŰTECHNOLÓGIA TANSZÉK
6000 KECSKEMÉT, IZSÁKI ÚT 10.



A „Fanuc” -típusú vezérlések beégetett fűróciklusainak optimalizálása

TDK dolgozat

Készítette: Imre Roland
Oskolás Flóra

Konzulensek: Dr. Boza Pál
Fodor Antal

Kecskemét, 2014

Tartalomjegyzék

1.	CNC gépeken alkalmazott fúróciklusok áttekintése	4
1.1	NCT 201 vezérlésen alkalmazott fúróciklusok.....	4
1.1.1	Fúróciklus várakozással, kiemelés gyorsmenettel (G82).....	4
1.1.2	Mélyfúró ciklus (G83)	5
1.1.3	Nagysebességű mélyfúró ciklus (G73).....	6
1.2	FANUC 0 vezérlésen alkalmazott fúróciklusok	8
1.2.1	Fúróciklus (G82).....	8
1.3	Siemens SINUMERIK 840D vezérlésen alkalmazott fúróciklusok.....	10
1.3.1	Fúrás és dörzsölés	10
1.3.2	Mélyfúró ciklus	10
1.4	Fúróciklusok értékelése.....	12
2.	Kísérletterv a makro programozáshoz	13
2.1	Beégetett gépi fúróciklus logikájának elemzése	13
2.1.1	G81 fúróciklus elemzése.....	13
2.1.2	G83 fúróciklus elemzése.....	15
2.1.3	G73 fúróciklus elemzése.....	16
2.2	Optimalizált fúróciklus tervezése	17
2.2.1	G82 Jellegű optimalizált fúróciklus:.....	18
2.2.2	G83 Jellegű optimalizált fúróciklus.....	19
2.2.3	G73 jellegű optimalizált fúróciklus:	20
3.	Forgácsolási kísérlet tervezése, kivitelezése	26
3.1	A kísérletek leírása:	26
3.1.1	HSS csigafúrók tesztelése:	26
3.1.2	Keményfém csigafúrók tesztelése – GranTool:	27
3.1.3	Keményfém csigafúrók tesztelése – Hoffmann Group:.....	28
3.2	A szerszámon végzett mérések	30
3.3	Munkadarabon végzett mérések	31
4.	A mérési eredmények	32
4.1	HSS csigafúrók mérési eredményei	32
4.2	GranTool keményfém csigafúrók mérési eredményei	35
4.3	Hoffmann Group keményfém csigafúrók mérési eredményei.....	36

Összegzés.....	39
Felhasznált irodalom	40
Ábrajegyzék	41

Bevezetés

Forgácsolási technológián belül a vállalatoknál akár 50%-ot is elérhet a fúrási jellegű megmunkálások alkalmazása. Éppen ezért fontos, hogy minél gazdaságosabban alkalmazzuk ezt a technológiát. A szerszámgyártók különböző ajánlásokat tesznek arra vonatkozóan, hogy milyen módszerekkel lehetne a fűrők élettartamát növelni.

Ezeket az ajánlásokat a CNC vezérlésekkel csak részben tudjuk megvalósítani. Dolgozatunkban ezt a problémát próbáltuk megoldani. Válaszként a parametrikus programozás segítségével optimalizált fűrőciklusokat hozhatunk létre. A beégetett fűrőciklusokat optimalizált fűrőciklusokkal lehet rugalmasabbá tenni.

Fúrási kísérletek során összehasonlítottuk a beégetett fűrőciklusokat az optimalizált ciklusokkal. Mértük a fúrószerszám hátfelületén kialakult kopást, a munkadarab felületi érdességét és hengerességét. Az eredményeket összesítettük és kiértékeljük.

1. CNC gépeken alkalmazott fúróciklusok áttekintése

1.1 NCT 201 vezérlésen alkalmazott fúróciklusok

Az NCT típusú vezérlések fúróciklusait két fő csoportba sorolhatjuk. Normál fúróciklusok és mélyfúró ciklusok.

1.1.1 Fúróciklus várakozással, kiemelés gyorsmenettel (G82)

[1]. A ciklusban felhasznált címek:

Címlánc: G82 X__ Y__ Z__ R__ P__ F__ L__

X_ Y_: A furat pozíciója

Z_: A furat talppontja

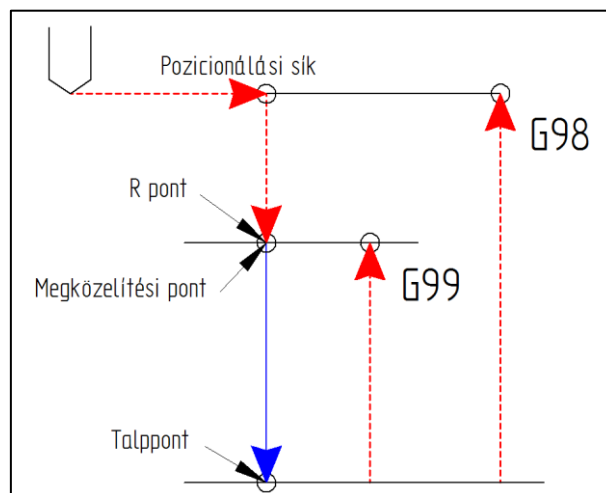
R_: Referenciasík

P_: Várakozási idő a furat talppontján

F_: Előtolási sebesség

L_: Ismétlések száma (ha szükséges)

Abban az esetben célszerű használni, ha a furat alján előtolás nélkül néhány másodpercig még forgatni akarjuk a szerszámot (1. ábra).



1. ábra. Fúróciklus várakozással, NCT 201 vezérlés (G82)

A ciklus elemei:

1. Pozicionálás a kiválasztott síkban gyorsmenettel
2. Gyorsmeneti mozgás a megközelítési pontig
3. Fúrás a talppontig F címen programozott előtolással
4. Várakozás a P címen megadott ideig (1–9,9 sec)
5. Visszahúzás a megközelítési pontig gyorsmenettel (R pont)

6. Gyorsmeneti visszahúzás a kiindulási pontig (csak G98 esetén, G99 esetén a referenciasíkra húzza vissza a szerszámot)

1.1.2 Mélyfúró ciklus (G83)

A ciklusban felhasznált címek:

Címlánc: G83 X__ Y__ Z__ R__ Q__ E__ F__ L__

X__ Y__: A furat pozíciója

Z__: A furat talppontja

R__: Referenciasík

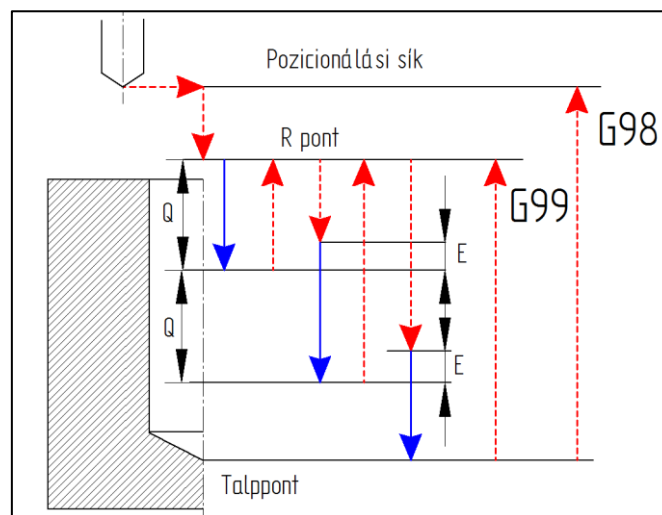
Q__: Egy fogásban kifúrt furathossz

E__: Gyorsjáratú megközelítési pont az egyes kifúrt furathosszokhoz képest

F__: Előtolási sebesség

L__: Ismétlések száma (ha szükséges)

Ezt a fúróciklust kis és közepes mélységű furatoknál használjuk. Az ilyen furatokat az jellemzi, hogy a furat mélysége (hossza) nagyobb, mint a furat átmérője. Ennek ismeretében a programozónak kell eldönteni, hogy mikor alkalmazza ezt a mélyfúró ciklust. Természetesen döntésénél nem csak a geometria viszonyokat kell mérlegelni, hanem a megmunkálandó anyagot és a megfelelő forgács alakot is jól kell ismerni (2. ábra).



2. ábra. Mélyfúró ciklus, NCT 201 vezérlés (G83)

A ciklus elemei:

1. Pozicionálás a kiválasztott síkban gyorsmenettel
2. Gyorsmeneti mozgás a megközelítési pontig
3. Gyorsmeneti mozgás az R pontig (megközelítési pont)
5. Fúrás a talppontig F előtolással

- 6. G99 esetén: visszahúzás az R pontig gyorsmenettel
- 7. G98 esetén: visszahúzás a kiindulási pontig gyorsmenettel

Az 5. fúrási művelet részletezése

- A Q címen megadott fogásmélységet előtolással fúr (Q =egydőben fúrt furat hossz),
- Gyorsmenettel kiemel az R pontig,
- Gyorsmenettel megközelíti az előző mélységet E távolságig,
- Az előző befúrás talppontjától számítva Q mélységet ismételten befúr, F előtolással (elmozdulás $E+Q$),
- Gyorsmenettel kiemel, az R pontig,
- Az eljárás a Z címen megadott talppontig folytatódik.

1.1.3 Nagysebességű mélyfúró ciklus (G73)

A ciklusban felhasznált címek:

Címlánc: G73 X__ Y__ Z__ R__ Q__ E__ F__ L__

X__ Y__: A furat pozíciója

Z__: A furat talppontja

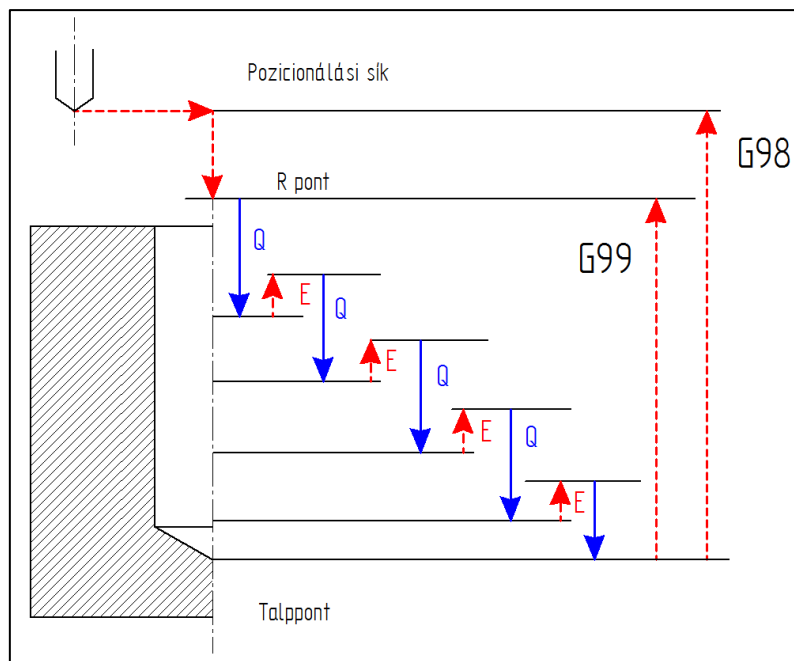
R__: Referenciasík

Q__: Egy fogásban kifúrt furathossz

E__: Visszahúzás mértéke

F__: Előtolási sebesség

L__: Ismétlések száma (ha szükséges)



3. ábra. Nagysebességű mélyfúró ciklus, NCT 201 vezérlés (G73)

A ciklus elemei:

1. Pozícionálás a kiválasztott síkban gyorsmenettel
2. Gyorsmeneti mozgás a megközelítési pontig
3. Gyorsmeneti mozgás az R pontig (megközelítési pont)
4. Fúrás a talppontig F előtolással
5. G99 esetén: visszahúzás az R pontig gyorsmenettel
6. G98 esetén: visszahúzás a kiindulási pontig gyorsmenettel

A 4. fúrási művelet részletezése (lásd 3. ábra):

A Q címen megadott fogásmélységet előtolással fúr, majd az E címen, vagy a paramétertárban megadott értékkel gyorsmenettel visszahúz. Ezt folytatja amíg a Z címen megadott mélységet el nem éri.

1.2 FANUC 0 vezérlésen alkalmazott fúróciklusok

A FANUC 0 vezérlésen alkalmazott fúróciklusok nagyban hasonlítanak az NCT201-nél leírtakhoz. Az egyes ciklusok leírásánál csak a különbségekre fogok kitérni.

1.2.1 Fúróciklus (G82)

A ciklust normál fúrásra használják. A szerszám a programozott előtolási értékkel a furat talppontra mozog, ahol várakozik a programozott értékkel. Ezt követően a szerszámot a vezérlés visszahúzza a gyorsjáratú síkra. A mélység figyelembe vételével és a forgácsolási paraméterek megfelelő megválasztásával pontos furatok készíthetők vele.

[2]. A ciklusban felhasznált címek:

Címlánc: G82 X__ Y__ Z__ R__ P__ F__ K__

X_ Y_: A furat pozíciója

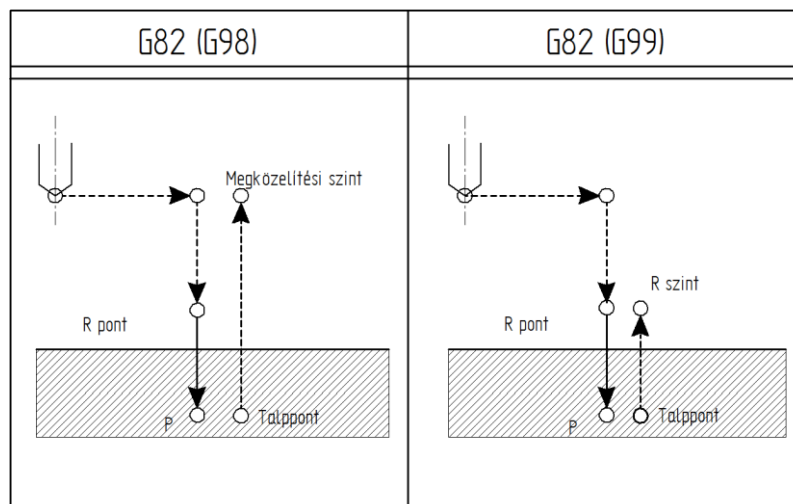
Z_: A furat talppontja

R_: Referenciasík

P_: Várakozási idő a furat talppontján

F_: Előtolási sebesség

K_: Ismétlések száma (ha szükséges)



4. ábra. Fúróciklus, FANUC 0 vezérlés (G82)

Mélyfúró ciklus (G83)

Mélyebb ($l/d \leq 5$) furatok esetében alkalmazzák. Ez a ciklus szakaszos fúró mozgást végez, amellyel többször megszakítja a forgácsolást, mire a furat talppontjára ér.

A ciklusban felhasznált címek:

Címlánc: G83 X__ Y__ Z__ R__ Q__ F__ K__

X_ Y_: A furat pozíciója

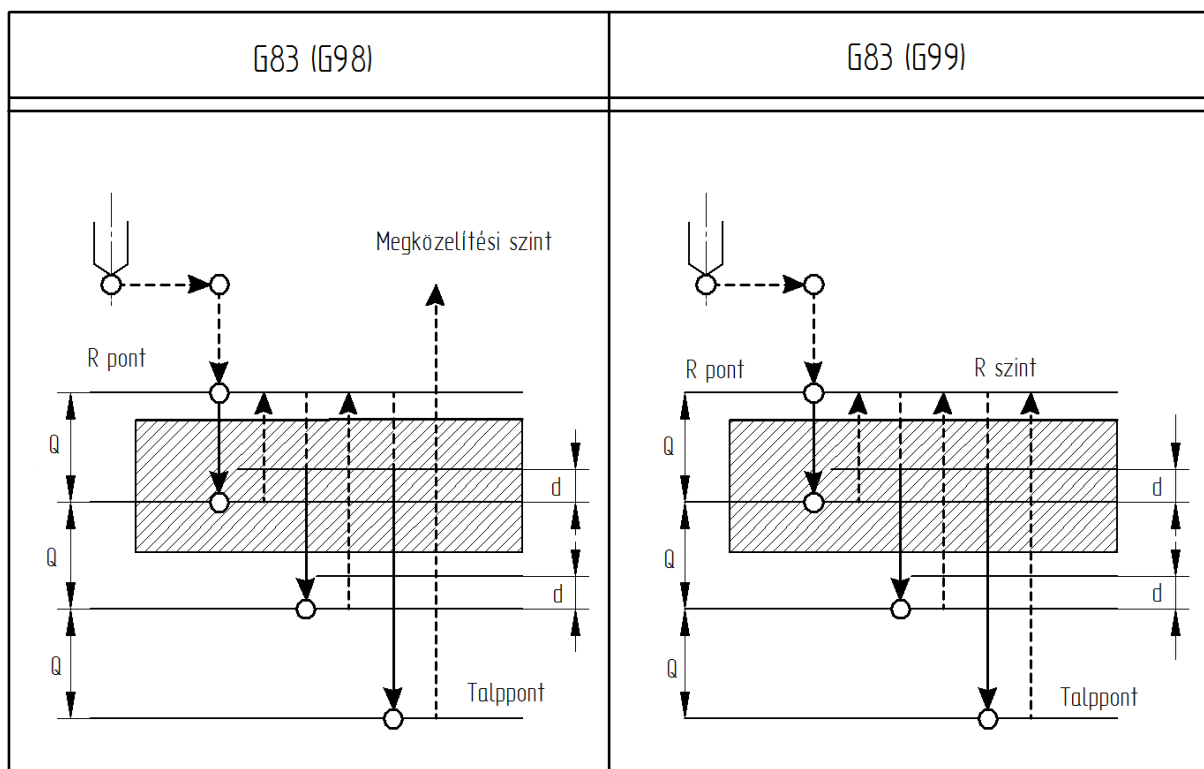
Z_: A furat talppontja

R_: Referenciasík

Q_: Egy fogásban kifúrt furathossz

F_: Előtolási sebesség

K_: Ismétlések száma (ha szükséges)



5. ábra. Mélyfúró ciklus, FANUC 0 vezérlés (G83)

Az NCT201-nél leírtaktól abban tér el ez a fúróciklus, hogy az „E” cím a ebben a vezérlésben nem programozható, a paramétertárban tárolták el az értéket ami szerint a ciklus a visszahúzásokat elvégzi. Ezt a ciklust továbbá úgy is lehet használni, hogy a túlterhelési nyomatókot figyelembe vegye, és visszahúzza a szerszámot, ha a vezérlés úgy ítéli meg.

1.3 Siemens SINUMERIK 840D vezérlésen alkalmazott fúróciklusok

1.3.1 Fúrás és dörzsölés

A szerszám a visszahúzási sík és biztonsági távolság figyelembe vételével gyorsmenetben a programozott pozícióra megy. Ezután az F programozott előtolással belép a munkadarabba, amíg a Z1 mélységet eléri. A SINUMERIK vezérlés egy segéd programot használ amelynek ShopMill a neve. Ezzel a programmal, mint egy CAM rendszerrel lehet a ciklusokat szervezni.

[3]. A ciklusban felhasznált címek:

Címlánc: T__ D__ S__ F__ V__ X_ Y_ Z1__ Z0__ DT__ FB__

X_ Y_: A furat pozíciója

D_: Vágó él korrekció

T_: A szerszám száma vagy neve

S_: Fordulatszám

F_: Előtolás

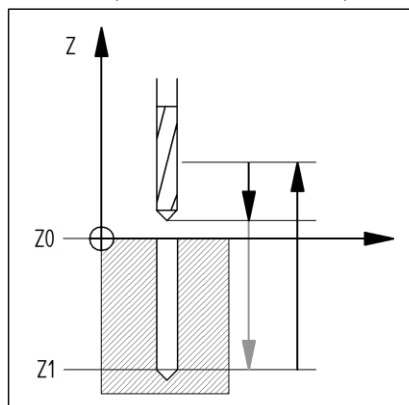
V_: Vágósebesség

Z1_: Fúrócsúcs vagy fúrószár behatolási mélység

Z0_: A munkadarab magassága

DT_: Várakozási idő

FB_: Előtolás a visszahúzásnál (csak dörzsölésnél)



6. ábra. Fúró és dörzsölő ciklus, SINUMERIK 840D vezérlés

1.3.2 Mélyfúró ciklus

A szerszám a visszahúzási sík és biztonsági távolság figyelembe vételével gyorsmenetben a programozott pozícióra megy. Ezután az F programozott előtolással behatol a munkadarabba.

Két üzemmódja van a mélyfúró ciklusnak, melyek a forgácstalanítással és forgácstöréssel történő fúrások. Ezek más vezérléseken külön ciklusok, itt egy ciklusnak két üzemmódjaként jelennek meg. A CYCLE83 ciklus lehet degresszív fogásvételű, amely az előző vezérlésekhez képest egy nagy előrelépés, mivel mélyebb furatok nagyobb biztonsággal fúrhatóak vele. A degresszív fogásvétel azt jelenti, hogy a furat mélyebb szintjeire érve a ciklus folyamatosan csökkenti a fogásvétel mértékét egy előzőleg meghatározott fogásvétel csökkentési tényezővel.

Forgácstalanítás: Forgácstalanításkor a szerszámot referenciasíkgig húzza vissza minden „egy időben kifúrt furathossz” után.

Forgácstörés: A forgácstörés stratégia kevesebb gépi időt köt le, mivel a szerszámot nem a referencia síkig húzza vissza, hanem csak kiemeli a fogásból. Minden „egy időben kifúrt furathossz” után megtörténik ez a forgácstörés.

A ciklusban felhasznált címek:

Címlánc: T__ D__ S__ F__ V__ X__ Y__ Z1__ Z0__ D__ DF__ V1__ V2__ V3__ DT__

X__ Y__: A furat pozíciója

D__: Vágó él korrekció

T__: A szerszám száma vagy neve

S__: Fordulatszám

F__: Előtolás

V__: Vágósebesség

Z1__: Vég-furatmélység

Z0__: A munkadarab magassága

D__: Maximális fogásvétel

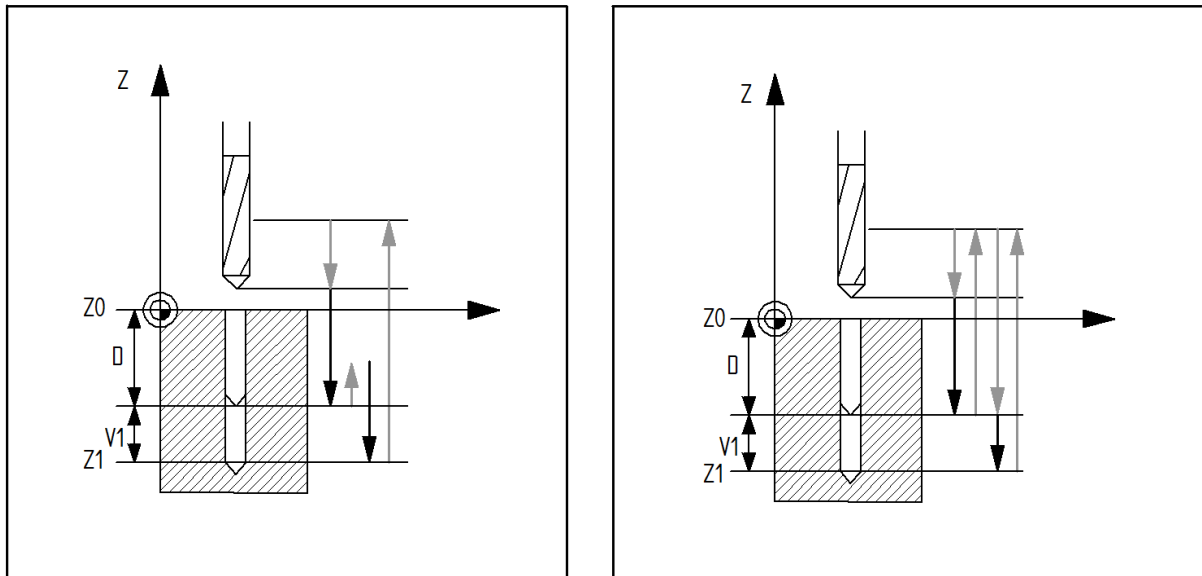
DF__: Százalékos fogásvétel csökkentés (Ha az értéke 100, akkor a fogásvétel nem változik)

V1__: Minimális fogásvétel

V2__: Visszahúzási érték (Ha értéke 0, akkor a szerszám nem húzódik vissza, hanem egy fordulatig mozdulatlan marad)

V3__: Elő leállási távolság (Az utolsó fogásmélység távolsága, ahova a fúró gyorsmenettel a forgácstalanítás után visszatér)

DT__: Várakozási idő



7. ábra. Mélyfúró ciklus, SINUMERIK 840D vezérlés

1.4 Fúróciklusok értékelése

A gépi beégetett fúróciklusok a különböző vezérléseken eltérően működnek. A szerszámgéptől minden fúrószerszámra és anyagra más-más forgácsolási paramétereket írnak elő. Az ajánlott fúrási technológiák azt írják elő, hogy az előtolást a belépés előtt le kell lassítani, a fordulatszámot pedig növelni kell. A FANUC 0 és NCT201 vezérlések nem sokban térnek el egymástól. Közös vonás bennük, hogy egyik sem tartalmazza ezt a furat belépési „lassítást”, amelyet a szerszámgéptől előírnak. Bár a SINUMERIK 840D vezérlés sem tartalmazza ezt, bizonyos mértékben fejlettebb a beégetett fúróciklusa, mert degresszív fogásvétel programozható benne. Tartalmaz ugyanis egy fogásvétel csökkentési tényezőt, amely a mélyebb furatok esetén nagymértékben javítani tudja a szerszám élettartamát. Az előírt furatbelépés illetve furatkilépés előtti előtolás csökkentést a megismert vezérlések egyike sem tartalmaz. A dolgozat témája olyan fúróciklusok létrehozása, amelyek ezen felsorolt ciklusok előnyös tulajdonságait tartalmazzák.

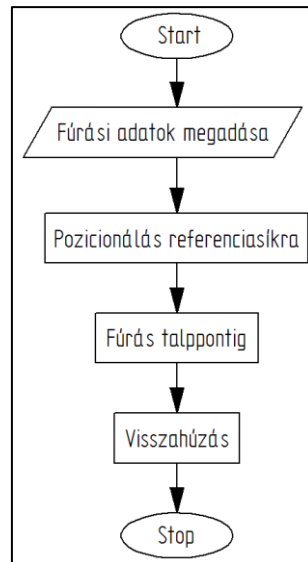
2. Kísérletterv a makro programozáshoz

2.1 Beégetett gépi fűróciklus logikájának elemzése

Az optimalizált fűróciklusokat az NCT201 típusú vezérlés programnyelvén írjuk, mivel a Járműtechnológia Tanszéken ilyen típusú CNC gépek találhatók. Ahhoz, hogy megfelelő kísérlettervet tudjunk létrehozni, meg kell ismernünk, hogy hogyan működnek a beégetett fűróciklusok. A javított ciklusokat makro nyelven írjuk, hogy könnyen meghívhatóak legyenek pl. egy furatmintába. Minden gépi ciklus makroban van megírva, de azért, hogy a dolgozatban jól elkülönüljenek egymástól, ezeket gépi beégetett ciklusoknak fogjuk nevezni a következőkben. A fejezet további részeiben meg fogjuk vizsgálni a fűróciklusokat folyamatábrák segítségével. Folyamatábrákra, vagy angol nevén Flowchart –okra azért van szükség, mert a legegyszerűbb logikával, programnyelvektől függetlenül mutatja be minden program logikai elágazásait. Könnyen átláthatóvá teszi a programot és lehetővé teszi a programozó számára, hogy bármilyen programnyelvre lefordítsa. A logikája minden nyelvben meg fog egyezni, a különbség a szintaktikában lesz, abban, hogy hogyan kell az adott nyelvre lefordítani.

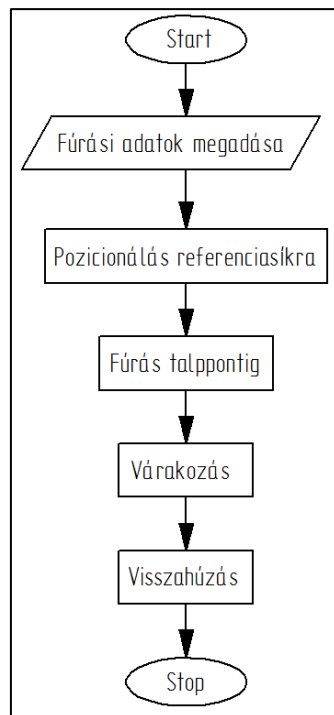
2.1.1 G81 fűróciklus elemzése

A G81 a legegyszerűbb ciklus. Első lépésben referenciasíkra pozicionál, második lépésben az F és S címeken programozott előtolással és fordulatszámmal a furat talppontjára mozog, ezt követően pedig visszahúzza a szerszámot a megközelítési pontig vagy a referenciasíkgig. Logikai elágazást nem tartalmaz, vagyis folyamatábrája lineáris, nem tartalmaz visszacsatolásokat, ez látható a 8. ábrán.



8. ábra. G81 fúróciklus folyamatábrája

A G81 és G82 fúróciklusok között annyi a különbség, hogy a G82 tartalmaz egy P értéken programozható várakozást, amely a furat talppontján várakozik a visszahúzás előtt. Visszahúzás a referencia síkig történik. A folyamatábrájáról látszik, hogy kiegészült egy várakozással, de lényegi különbség nem fedezhető fel, ez is lineáris felépítésű.

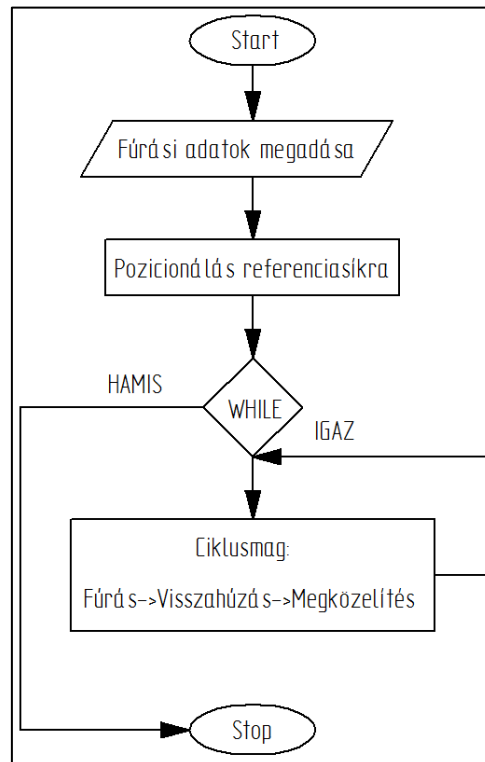


9. ábra. G82 fúróciklus folyamatábrája

2.1.2 G83 fűrciklus elemzése

A G83 ciklus felépítése már bonyolultabb logikával működik. Először megközelíti a pozicionálási síkot, majd referenciasíkra pozicionál. Ezt követően kifűr egy egyfogásban kifűrt furathosszt, melyet a Q címen programozunk. Visszahúz referenciasíkra, majd gyorsmenetben megközelíti az előző fogást, amely fölé áll az E címen programozott értékkel. Ez a fűrés-visszahúzás- megközelítés körfolyamat folyamatosan ismétlődik addig, amíg el nem éri a furat talppontját. Leírva egyszerű, de programnyelven ez már több logikai elemet tartalmaz.

A CNC gép beégetett fűrciklusainak programjaihoz nem férünk hozzá, ezért csak feltevéseink lehetnek arról, hogy valószínűleg hogyan működnek. Feltevéseinket a 10. ábrán tettük láthatóvá. A referenciasíkra pozicionálást egy változó segítségével normál pozicionálással oldja meg. A körfolyamatokat GOTO és WHILE ciklusokkal lehet megvalósítani. Az ábra megértéséhez annyit tudni kell, hogy a GOTO egy bizonyos mondatra ugrik, a WHILE ciklus pedig ismétli azt, ami a ciklusmagban helyezkedik el addig, amíg egy bizonyos feltétel teljesül. Ahogyan az látszik, ezek már logikai elágazások, amelyeknél a program a változók jelenlegi értéke alapján döntést hoz.

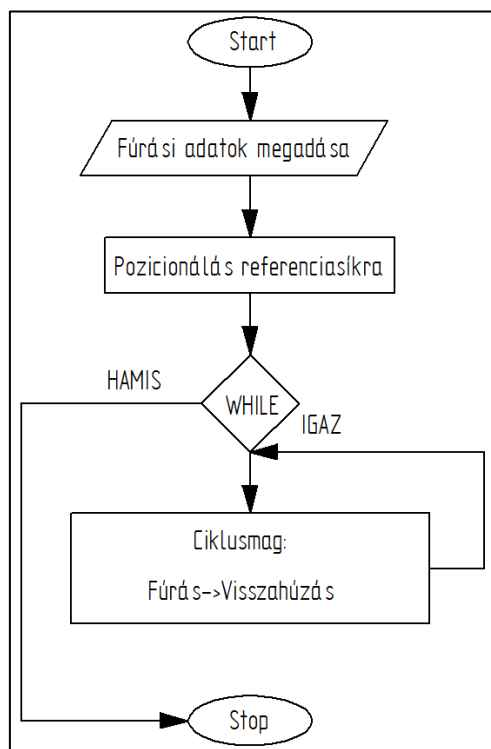


10. ábra. G83 fűrciklus folyamatábrája

Az előre állított négyzet logikai elágazást jelent, magyarul ott hoz döntést a program, hogy hogyan folytassa a futását. Az IGAZ feltételnél a kérdés feltehetően az, hogy „Nem érte még el a furat talppontját?” Ha pozitív választ kap, ami annyit tesz, hogy: „Nem, még nem érte el” akkor ismételtén a ciklusmagban leírtakat hajtja végre, ha pedig elérte a talppontot, akkor a HAMIS ágban kilép a WHILE ciklusból és a program befejezi futását. Ahogyan az a 10. ábrán látható, a program csak és kizárólag akkor fejezheti be a futását, ha a logikai elágazás HAMIS választ kap (vagyis elérte a furatmélységet).

2.1.3 G73 fűróciklus elemzése

A G83 és G73 ciklusok között látszólag nem sok különbség van, de mint programozási problémát, meg kell vizsgálni ezt is, hogy megértsük mi is az a kevés különbség a két fűróciklus között. A gyors mélyfűró ciklus kifűr egy „egy időben kifűrt furathosszt”, majd a szerszámot csak a jelenlegi talpponttól húzza vissza a programozott E értékkel, majd folytatja a fűrást. A ciklusmagban ez annyi változást jelent, hogy bár a fűrást ugyanúgy végzi, mint a normál mélyfűró ciklus, de a „Visszahúzás” szó alatt a folyamatábrájában nem a referenciasíkra való visszahúzást kell érteni, hanem az E értékkel történő forgácstörő mozgást. A ciklusmag változását a 11. ábra mutatja.



11. ábra. G73 fűróciklus folyamatábrája

Feltehetően a jelenlegi „Q” és „E” szinteket mindig tárolja a vezérlés meghatározott regiszterekben. Ha a program így működik, akkor a G83 és G73 között egy sor lehet a különbség. A G83 ciklus elvégzi a fúrást a jelenlegi „Q” szintig, visszahúzza gyorsjáratba mondatban referenciasíkiig, majd gyorsjáratban a jelenlegi „E” szintig. A G73-ban annyi változás tapasztalható, hogy elvégzi a fúrást a jelenlegi „Q” szintig, aztán gyorsjáratban az „E” szintre mozog. Ilyen makro és paraméteres programokban célszerű abszolút koordinátákkal dolgozni és a dinamikus változókra bízni a számításokat. Ha abszolút koordinátákkal működnek a ciklusok, akkor valóban csak ez az egy sor különbség fedezhető fel a két ciklus programjai között.

2.2 Optimalizált fúróciklus tervezése

Mielőtt elkezdenénk a tervezést, tudnunk kell, hogy mi az igény az ideális fúrási feltételek kialakításánál. A Sandvik, Hoffmann Group, GranTool és a Widia is egyértelműen a furatbelépés előtt az előtolás lassítását javasolta. Az ajánlások azt mutatják, hogy amíg a fúró kúpja teljes átmérőben bele nem ér a munkadarabba, addig csökkentett előtolással dolgozzon a szerszám. Ez az előtolás körülbelül 50-75%-a legyen a programozott előtolásnak. Mi a későbbiekben 50%-os előtolás csökkentést fogunk használni. Megoldásként ezt bemenő adatként lehet majd megadni. Ezzel a bekezdési előtolással kell forgácsolnia átmenő furatokból történő kilépésekkor is, amíg a fúró kúpja teljesen ki nem ér a munkadarabból. A fordulatszám változtatását csak olyan CNC gépeken javasolták, amelyek még viszonylag újak mondhatók. A javaslatok szerint a fordulatszám értékét növelni kell furatba való be és kilépéskor. A felhasználó külön változtathatja a bekezdési és kilépési előtolást és fordulatszámot.

A teljes furathossz számítását a program fogja elvégezni a szerszám geometriájának függvényében. Ez függ a fúró átmérőjétől és függ a fúró csúcshögtől. Ezeket szintén bemenő adatként lehet majd megadni.

Technológiai problémának mondható az is, hogy az NCT vezérlésen használt fúróciklusok egyfogatban fúrt furathossza a fúrás elején kicsinek bizonyulhat, mivel ilyenkor az első fúrási mélység nagyobb lehetne, aztán kéne csak Q és E értékekkel forgácsolni. Az első fúrási mélységet is bemenő paraméterként lehet majd megadni az optimalizált fúróciklusban.

Az átmenő és zsákfuratok fúrási technológiája alapvetően abban különbözik, hogy átmenő furat üzemmódban van csak furatkilépés, vagyis csak ott kell, hogy a furat végén bekezdési paraméterekkel lépjen ki, zsákfurat üzemmódban pedig a furat alján megáll a fúró, ide egy várakozást lehet beiktatni. A várakozás azért fontos, hogy úgymond „kitisztítsa a furat alját”, vagyis ne tépje ki az anyagot visszahúzáskor, mert az is negatív hatással van a fúró élettartamára. Ez további két bemenő paramétert igényel, amelyeket Üzem mód váltásnak és Várakozásnak fogunk az elkövetkezendőkben nevezni.

Itt a fentiekben a G73 bemenő paramétereit részleteztük, a G82-höz ennél kevesebb fog kelleni.

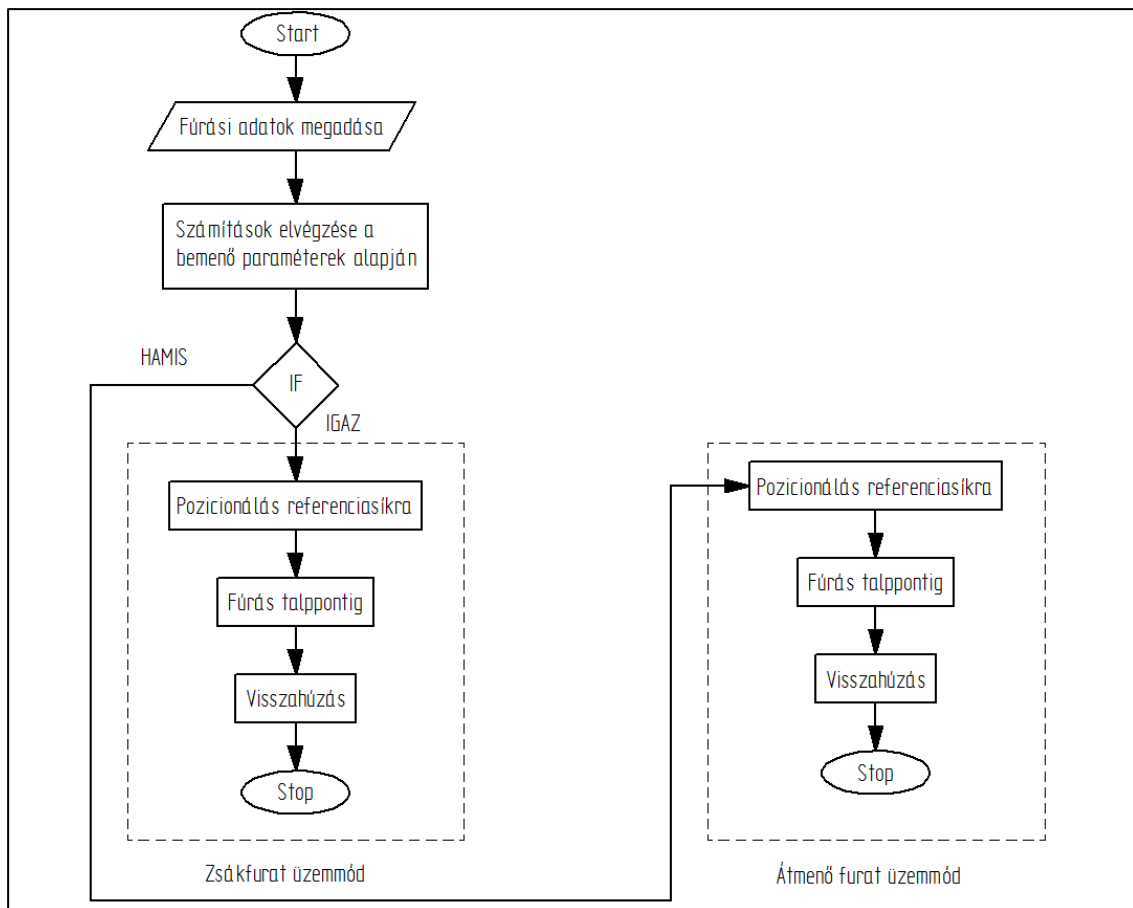
A címlánc elemei a következők lesznek:

- Szerszám átmérő
- Egyfogásban kifúrt furathossz
- Visszahúzás mértéke
- Maximális furatmélység
- Referencia sík
- Várakozás
- Bekezdési előtolás
- Bekezdési fordulatszám
- Munkameneti előtolás
- Munkameneti fordulatszám
- Üzem mód kiválasztása
- Első fogás mélysége
- Szerszám csúcshöge

Ezek ismeretében megkezdődhet a programok struktúrájának tervezése.

2.2.1 G82 Jellegű optimalizált fúróciklus:

A normál fúróciklushoz hasonlóan a folyamatábrája ennek is lineáris lenne. Az üzemmód váltás logikai elágazás lesz, amely a lineáris folyamatábrát nem teszi lehetővé, de még így is viszonylag egyszerű lesz a program működése. G81 és G82 között mi nem teszünk különbséget, ha a felhasználó G81 szerint szeretné használni, szimplán a Várakozás értékének 0-t ad meg.

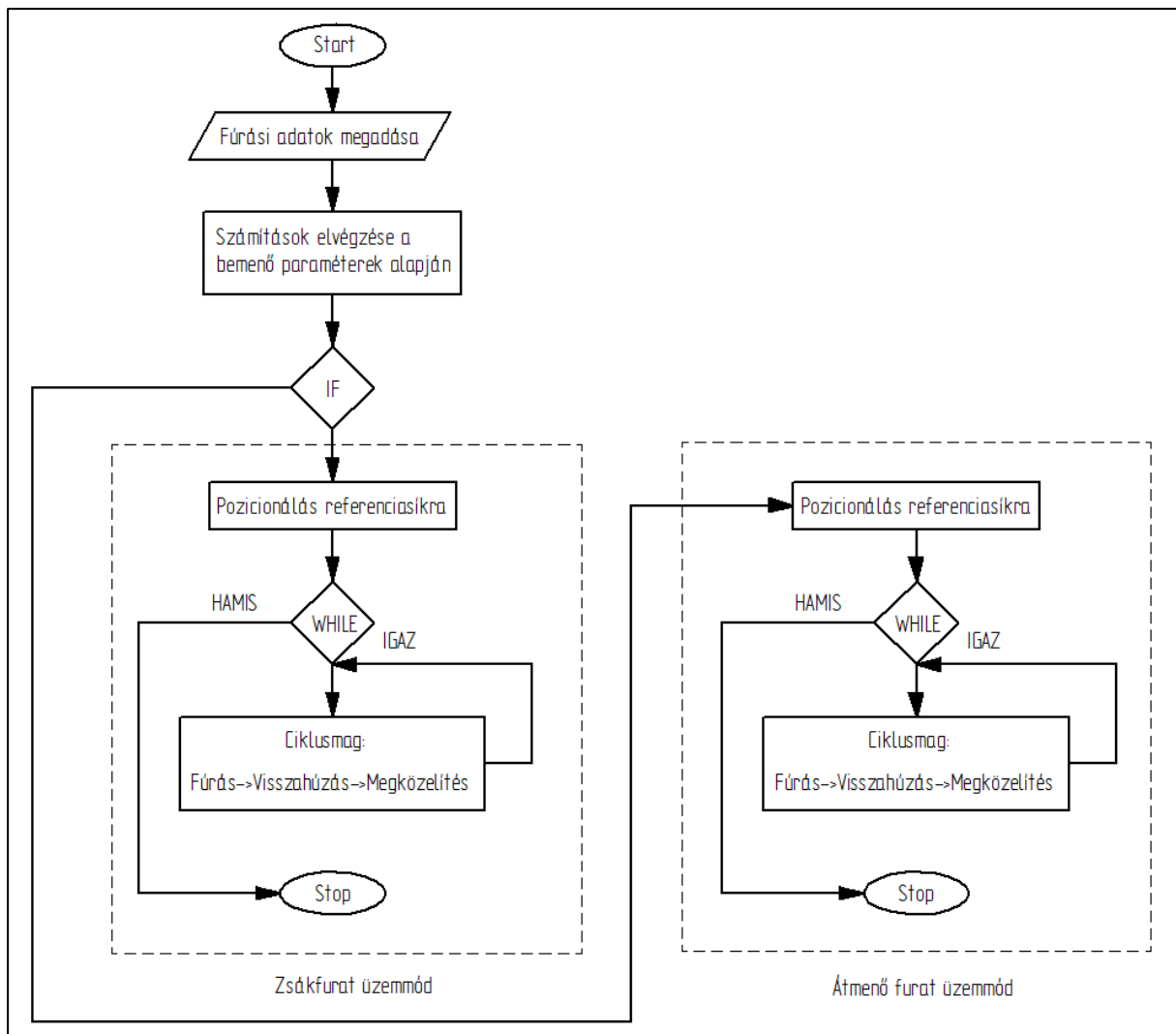


12. ábra. G82 jellegű optimalizált fűróciklus folyamatábrája

A tervezett program logikai felépítését a fent látható 12. ábra teszi értelmezhetővé. Az IF –es elágazás az üzemmód váltás logikai része. Úgy gondoltuk, hogy az üzemmód váltás csak két értéket vehessen fel, amelyek a 0 és 1 legyen. Nulla esetén zsákfurat, egy esetén átmenő furatot fog gyártani a ciklus. Ha 0 az érték, akkor az IF –es elágazás IGAZ ágon továbbhalad, a program lefut és a STOP –nál megáll. Amennyiben a változó értéke 1, a HAMIS ágon az átmenő furat üzemmód kezdő mondatára ugrik a program és az átmenő furat üzemmód fog lefutni.

2.2.2 G83 Jellegű optimalizált fűróciklus

A G83 fűróciklus, ahogyan a gépi ciklusoknál is megfigyelhettük, itt is több logikai elágazást tartalmaz, struktúrája azonban nagyban hasonlít a G82-höz.

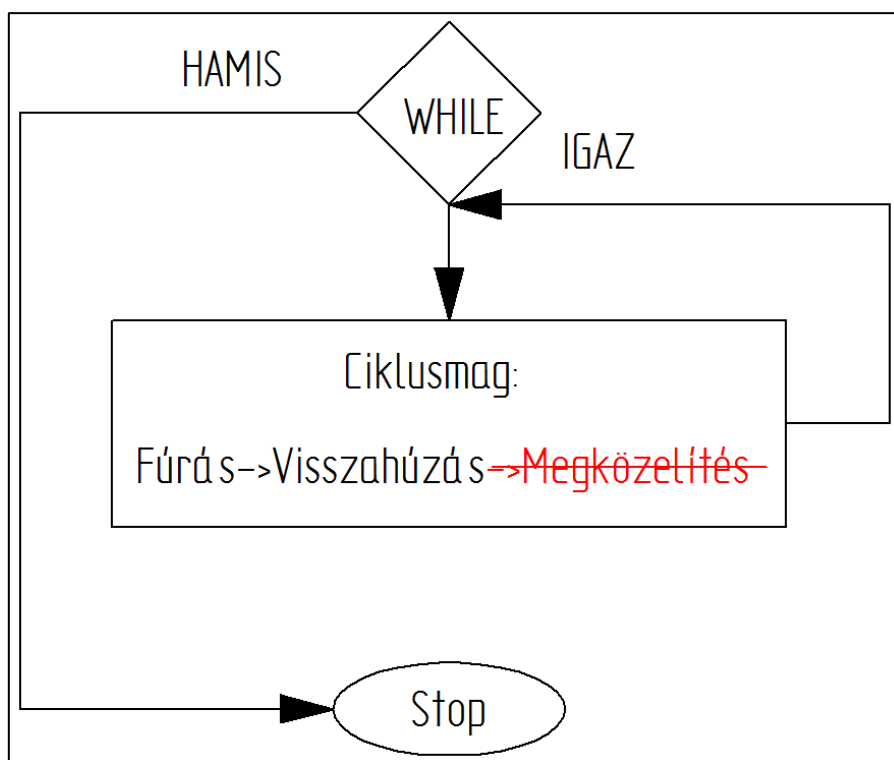


13. ábra. G83 jellegű optimalizált fűróciklus folyamatábrája

A 13. ábrából látható, hogy az üzemmód váltás ugyanúgy fog működni, mint az előző esetben. A Fúrás – Visszahúzás – Megközelítés körfolyamat már optimalizált módon fog működni. A programozás lényegi része a ciklusmagban megvalósul, mielőtt azonban belekezdenénk, még megvizsgáljuk a G73 folyamatábráját.

2.2.3 G73 jellegű optimalizált fűróciklus:

Nagy valószínűséggel a G83 és G73 között csak egy sor különbség lesz. G73 esetében csak Fúrás és Visszahúzás lesz, ez a visszahúzási szint pedig nem a referenciasík, hanem az „E” érték lesz.

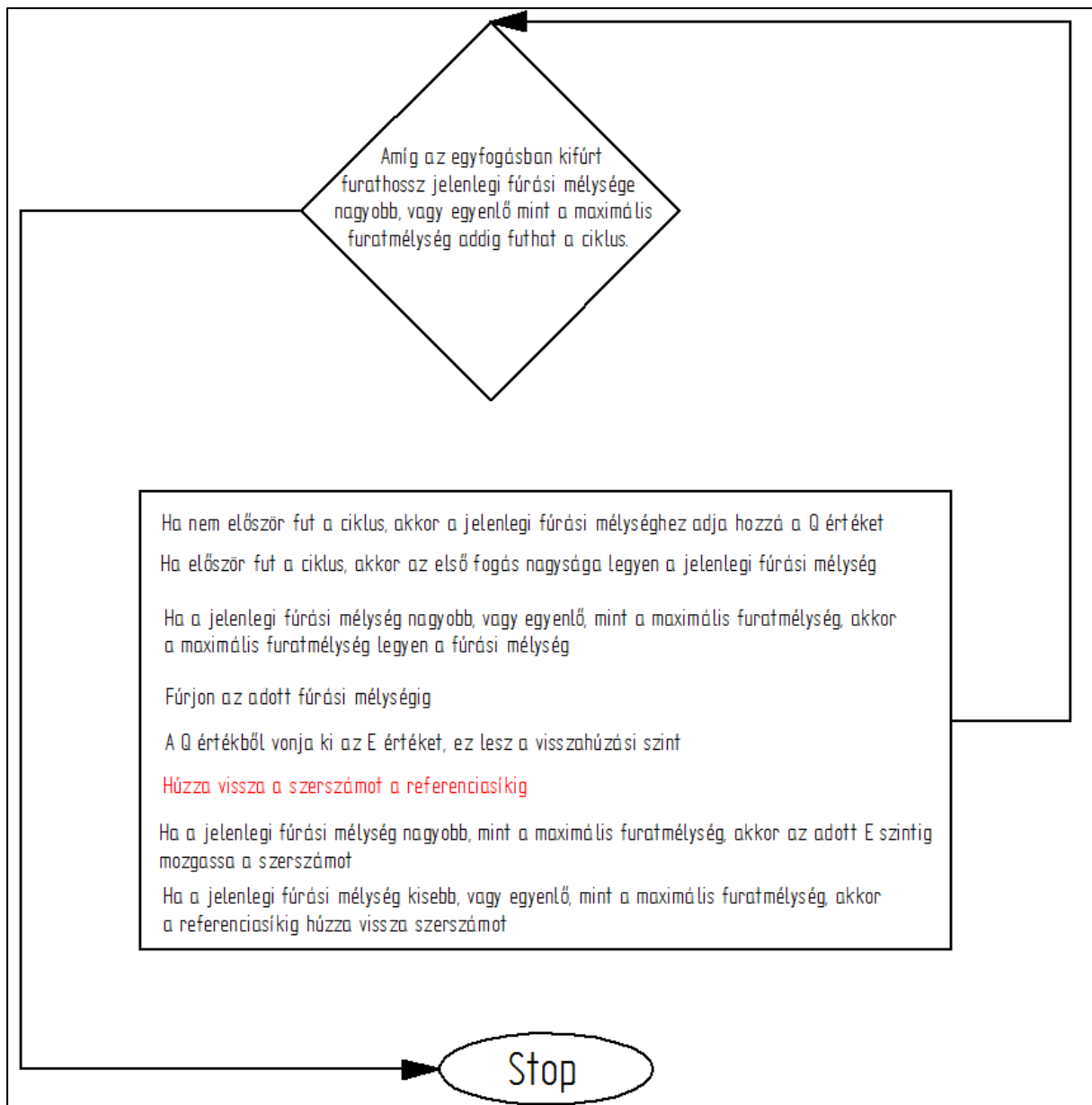


14. ábra. G73 és G83 ciklusmagjainak különbsége

Nincs jelentős különbség a két optimalizálni kívánt fűróciklus között, ezért a következőkben közel egyként fogjuk kezelni.

A ciklusmag:

A folyamatábrák ismeretében rátérhetünk a ciklusmag és a WHILE ciklus részletezésére, peremfeltételeire. A WHILE ciklusnak addig kell futnia, amíg az egy időben kifűrt furathossz jelenlegi mélysége nem éri el a kívánt furatmélységet. Az első fogás nagyságának különböznie kell a többi fogástól, amelyet egy IF -es mondattal lehet megoldani. Az egyszerűség és átláthatóság kedvéért, még programnyelv használata nélkül készült el a 15. ábra, amely a zsákfurat üzemmód ciklusmagban lezajló folyamatait mutatja be.



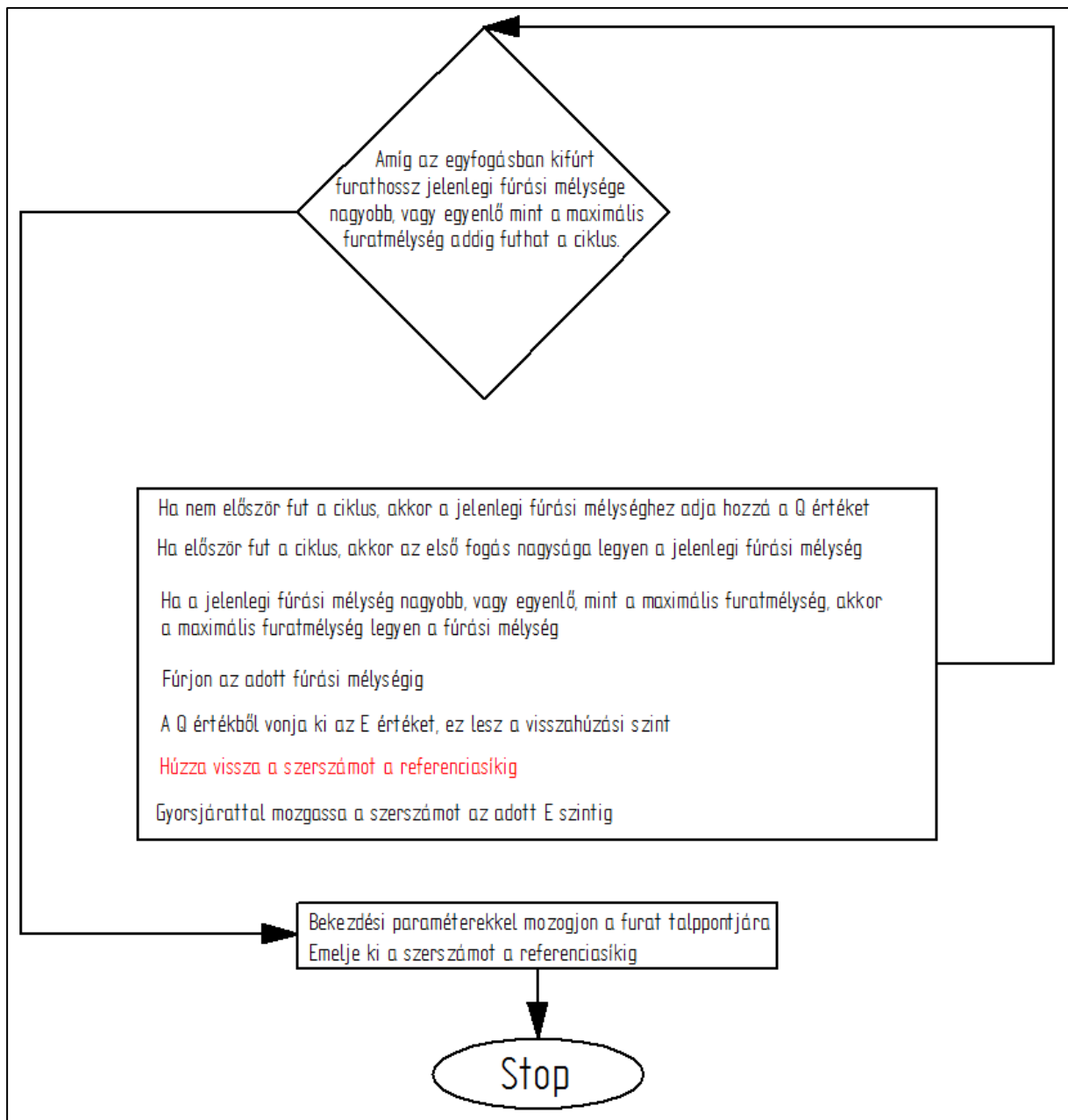
15. ábra. Magban lezajló folyamatok zsákfurat üzemmódban

A peremfeltétel, a furat mélysége. A mag többször le fog futni, vannak azonban olyan mondatok, amelyeket csak az első futásakor kell, hogy értelmezzen. A programot úgy képzeltük el, hogy a magban először számítások elvégzése következik. Egy regiszter a fűrási szintért fog felelni, de mielőtt fűrna, a program kiszámolja, hogy mennyi legyen a jelenlegi fűrandó mélység értéke. A ciklusmag úgy kezdődik, hogy ha nem az első futás, akkor adjon hozzá a jelenlegi fűrási szinthez Q értéket. A második mondatban pedig az található, hogy ha az első futás, akkor az első fogás mélységére fűrjon. Felmerülhet a kérdés, hogy miért nem fordított sorrendben vannak ezek a mondatok, miért nem először azt vizsgáljuk meg, hogy első futás-e, aztán hogy nem-e az első futás. Ha fordított sorrendben lennének, akkor

mindkettő teljesülne. A helyes sorrendben csak az első teljesül, és a másodikat nem értelmezi első futásakor a ciklus. A harmadik sora egy biztonsági sor, ugyanis ha a jelenlegi fúrasi szint kisebb lenne, mint a maximális furatmélység, akkor mélyebbre fúrna a ciklus, mint amennyire eredetileg szükség volt. Ha mélyebbre fúrna, vagy pont a furatmélységig, akkor a jelenlegi Z szintet a maximális furatmélységnek fogja értelmezni.

A logikai műveletek és számítások után megtörténik a fúrás. Ezt követően a program kiszámolja az E szintet az éppen fúrt mélységből. A piros színnel jelölt mondat a G83 és G73 ciklusok különbsége. Gyorsjárattal referenciasíkra pozicionál a G83 esetében. A következő mondatban az adott E szintre mozog gyorsjárattal. A program a hiba halmozásának elkerülése miatt abszolút koordinátákkal fog dolgozni. Ezzel elérkeztünk az utolsó mondathoz, amely csak akkor kerül értelmezésre, ha a ciklus utolsó futását végzi, ilyenkor pedig a referenciasíkra áll. A WHILE ciklus többször nem fut le, ezért a program befejezi működését a STOP utasítással.

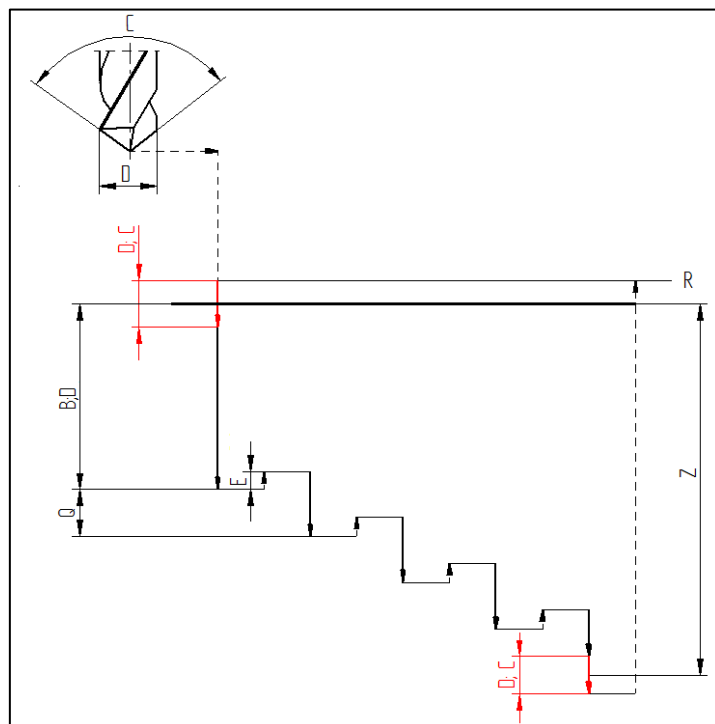
A két üzemmód miatt a két mag is különbözni fog egymástól. A 16. ábrán már strukturális különbségek is felfedezhetők. Ilyen jelentős különbség, hogy a furatkilépés bekezdési paraméterekkel történik. A WHILE ciklus előtti részben történik a belépés, logikai műveletek nélkül, ezért azt nem részleteztük itt, viszont a kilépés a WHILE és STOP között fog létrejönni, ezért a felépítésbeli különbségeket a 16. ábrába már beépítettük. A peremfeltételekben is különbségek vannak, a ciklusmagban nem történik meg a furat teljes megmunkálása, ezért nem szabad addig futnia, amíg el nem éri a maximális furatmélységet. A fentiekben arra utaltunk, hogy a bekezdési paraméterekkel fogja befejezni a furatot, vagyis be kell vezetni egy olyan fogalmat, hogy „furatkilépés előtti referenciapont”. Eddig a pontig munkameneti paraméterekkel fog dolgozni a szerszám, ez után bekezdési, -úgymond kíméletesebb- paraméterekkel fog kilépni a furatból.



16. ábra. Magban lezajló folyamatok átmenő furat üzemmódban

Ha megvizsgáljuk az ábrát, észrevehető, hogy nem csak a felépítése változott, hanem a magban eltűntek a feltételek. Feltétel nélkül húzza vissza a referenciasíkgig a szerszámot a G83 ciklus, és mindkettő feltétel nélkül mozgatja az adott E szintig a szerszámot. A ciklusnak a kilépésnél nem kell különbséget tennie az első és utolsó futások között, mert nem fejeződik be a forgácsolás a WHILE elágazásból való kilépés után. Amikor kilép a ciklusból, akkor következik az „utolsó futás”, aminek az előfeltétele az volt, hogy HAMIS ágon folytatódjon a program. Mivel ez teljesült, a furat befejezését ismételten nem kell feltételhez kötni. Ezek

ismeretében minden információ rendelkezésünkre áll a programozás megkezdéséhez. Az optimalizált fúróciklus mozgásviszonyait a 17. ábra mutatja.



17. ábra. Optimalizált fúróciklus mozgásviszonyai

A pirossal jelölt szakaszon az „U” és „V” címen programozható bekezdési paraméterekkel történik a megmunkálás, a furat alján kizárólag átmenő furat üzemmódban érvényesül ez az állítás. A feketével jelölt szakaszon az „F” és „S” címen programozott normál munkameneti paraméterekkel dolgozik a ciklus. A felhasznált optimalizált fúróciklusok a forgácsoláshoz szükséges paraméterekkel feltöltve az 1. mellékletben tekinthetők meg.

3. Forgácsolási kísérlet tervezése, kivitelezése

A forgácsolási kísérleteket a Kecskeméti Főiskola GAMF karának Járőműtechnológia Tanszékén található CNC laborban végeztük. A berendezés NCT Eml-850-5AX CNC vezérlésű őttengelyes marógép. Szerszámokat a GranTool és Hoffmann Group szerszámgyártó cégektől kaptunk. A kísérlet célja meghatározott hosszúságú furathossz fűrása volt HSS és keményfém csigafűrókkal. Meg kívántuk vizsgálni azt, hogy az egyes fűróciklusokkal mennyit lehet forgácsolni. A forgácsolási paramétereiket a szerszámgyártók javaslatai alapján forgácsolási előkísérletekkel határoztuk meg. Az optimalizált fűróciklusban az előtolás értékét a furat bekezdési és kilépési szakaszain 50%-ra csökkentettük. Patronos befogást alkalmaztunk a szerszámok rögzítésére. A munkadarabot tokmányba fogtuk be, melynek nullpontja a munkadarab felső felülete és a tokmány középpontja volt. Hűtésenként emulziót használtunk, ami újonnan lett cserélve a gépben, a hűtés jellege szerszámon belüli volt (ahol erre volt lehetőség) és külső hűtést is alkalmaztunk.

3.1 A kísérletek leírása:

3.1.1 HSS csigafűrók tesztelése:

Szerszám: GranTool DLGP 195080 HSS-E JOBBER S.S DRILL

Forgácsoló sebesség: $v_c=22,6$ [m/min]

Fordulatszám: $n=900$ [1/min]

Előtolás: $f_1=135$ [mm/min]

Csökkentett előtolás: $f_2=67,5$ [mm/min]

Furathossz: 40 [mm]

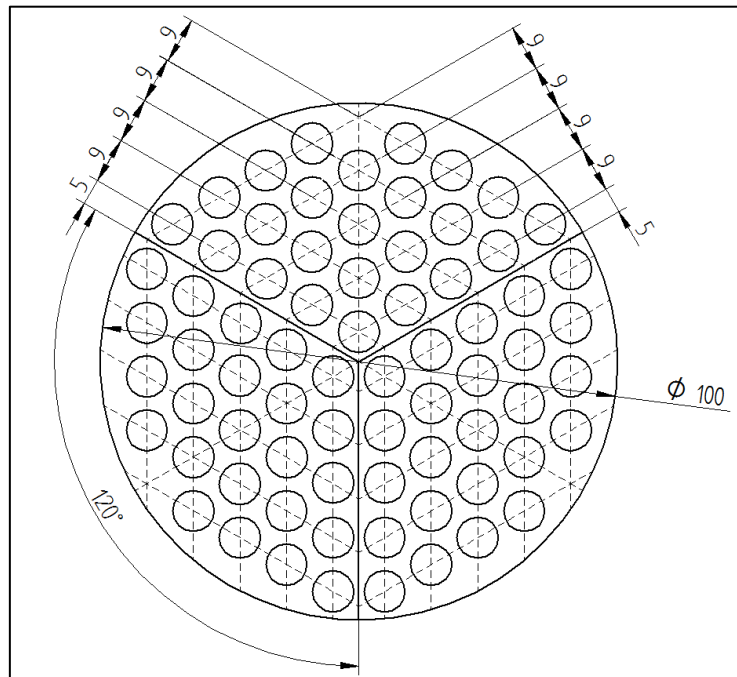
Munkadarab anyaga: A50

Munkadarab mérete: $\varnothing 100 \times 40$ [mm]

Fűrési peremfeltétel: ~ 5000 [mm]

A HSS csigafűrók tesztelésekor három fűróciklust hasonlítottunk össze. A beégetett ciklusok közül a G81 normál fűróciklust és a G73 mélyfűró ciklust, az optimalizált fűróciklusok közül a G73 jellegű optimalizált fűróciklust alkalmaztuk. Három új állapotú szerszámmal egy három térharmadra felosztott munkadarabon történt a megmunkálás. Az egyes szerszámok

egymás után fúrtak a saját harmadukban. A „ciklus start” megnyomása után minden szerszám egyszer fúrt. A vizsgálatoknál így össze tudtuk hasonlítani a ciklusokat azonos kifúrt hossz után. A furatminta a 18. ábrán látható.



18. ábra. HSS furatminta

3.1.2 Keményfém csigafúrók tesztelése – GranTool:

Szerszám: DreamDrill DH408080

Forgácsoló sebesség: $v_c=125,7$ [m/min]

Fordulatszám: $n=5000$ [1/min]

Előtolás: $f_1=1000$ [mm/min]

Csökkentett előtolás: $f_2=500$ [mm/min]

Furathossz: 40 [mm]

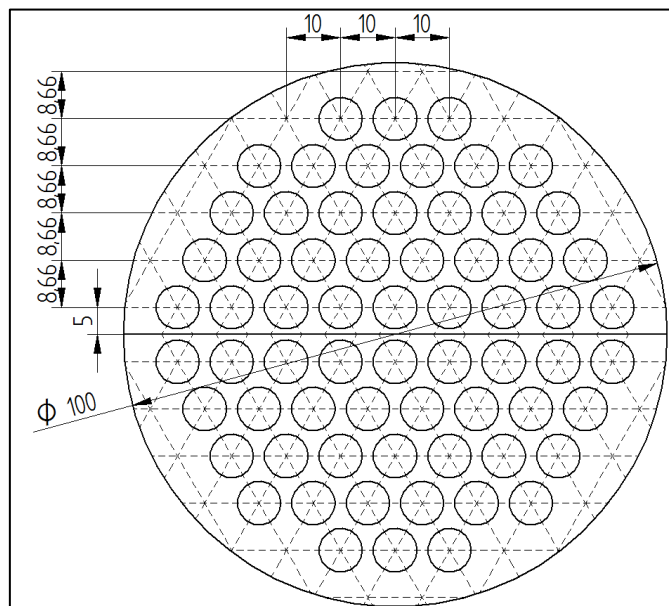
Munkadarab anyaga: 16MnCr5 (BC3)

Munkadarab mérete: $\varnothing 100 \times 40$ [mm]

Fúrési peremfeltétel: ~ 2500 [mm]

Keményfém szerszámokkal teljesítményfúrást végzünk, vagyis a forgácsolási paraméterek jóval nagyobbak a HSS-hez képest. A szerszám nem igényel forgácsolást. Ez okból a gépi beégetett fúróciklusok közül a G81 fúróciklust, az optimalizált makrociklusok közül pedig a G82 jellegű optimalizált fúróciklust hasonlítottuk össze. A furatminta itt két térrészből áll.

Két új állapotú szerszámmal végeztük a forgácsolást, mindkét szerszám a saját térrészen dolgozott. A keményfém furatminta a 19. ábrán látható.



19. ábra. Keményfém furatminta

A furatminta 10 mm oldalhosszúságú egyenlő oldalú háromszögekből áll, a 8,66 mm, a függőleges vetülete.

3.1.3 Keményfém csigafúrók tesztelése – Hoffmann Group:

Szerszám: Hoffmann Group 123008 8

Forgácsoló sebesség: $v_c=70,4$ [m/min]

Fordulatszám: $n=2800$ [1/min]

Előtolás: $f_1=560$ [mm/min]

Csökkentett előtolás: $f_2=280$ [mm/min]

Furathossz: 55 [mm]

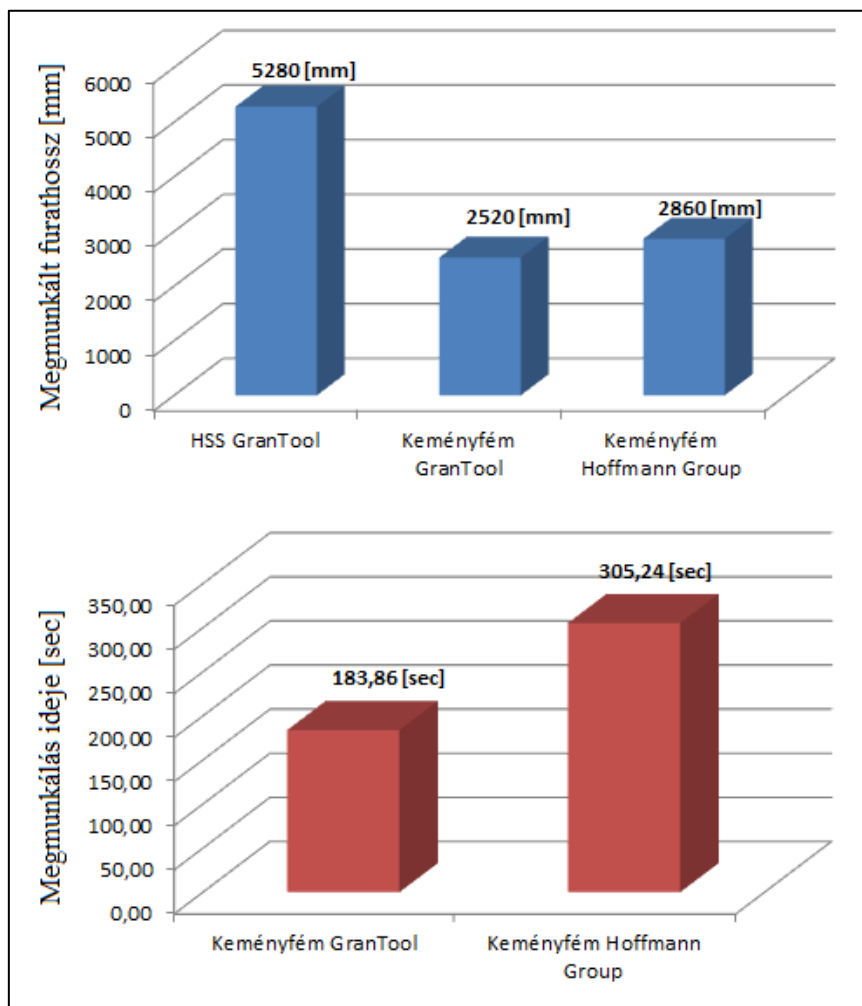
Munkadarab anyaga: 16MnCr5 (BC3)

Munkadarab mérete: $\varnothing 100 \times 55$ [mm]

Fúrasi peremfeltétel: ~ 2500 [mm]

A körülmények annyiban különböznek a 3.1.2 pontban leírt kísérlettől, hogy itt a szerszám 55 mm hosszú. A furatminta megegyezik az előzőekben ismertetett keményfém furatmintával. Nem összehasonlító vizsgálatot végeztünk, hiszen a paraméterek teljesen eltérőek. Hasonló jellegű, más intenzitású kopásgörbére számítottunk.

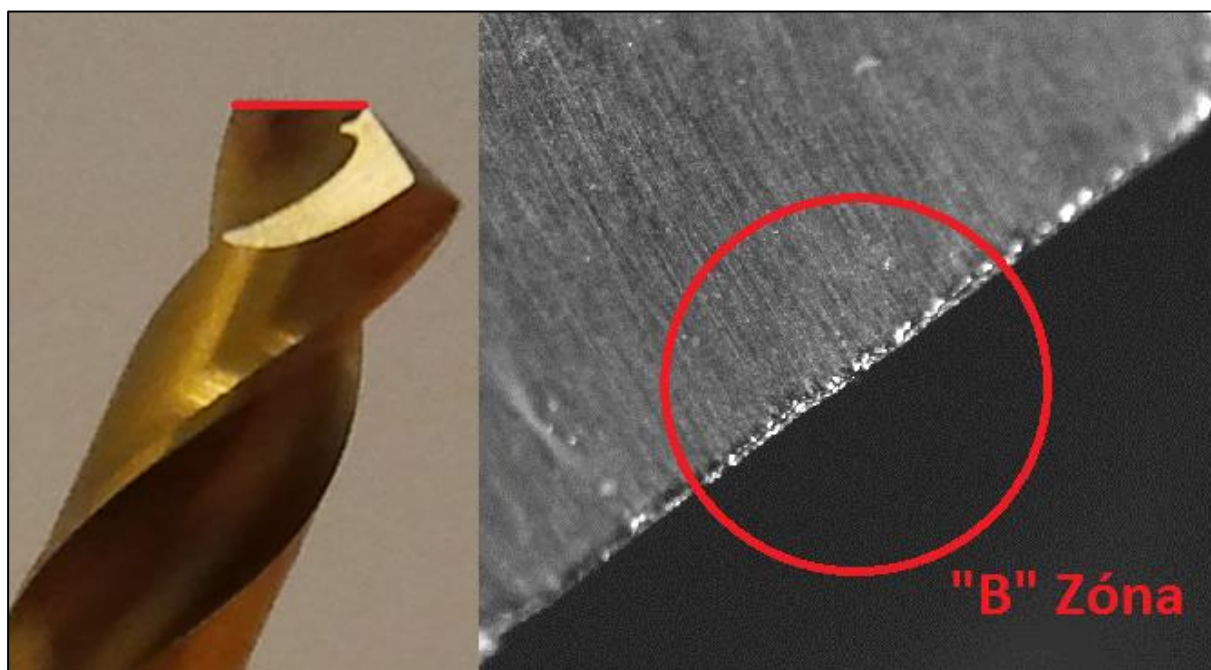
A HSS szerszám esetében körülbelül 5000 [mm] kifúrását tűztük ki célként. Ezt fúrási peremfeltételnek neveztük el. A csigafúró anyagát tekintve úgy véltük, hogy ennyi forgácsolás után lehetséges egy olyan kopásgörbe felvétele, amelyen elkülöníthető a kezdeti kopás, egyenletes kopás és a végső gyors kopás szakasza. Keményfém szerszámok esetében 2500 [mm] megmunkálása elegendő arra, hogy az egyenletes kopás szakaszából következtessünk az adott fúróciklus minőségére. Ezen szerszámok jóval kopásállóbbak, viszont ridegebbek, így könnyebben törnek vagy sérülnek. Ezen tulajdonságuk miatt a technológia változtatására érzékenyebben reagálnak. A peremfeltételek teljesülését és a megmunkáláshoz szükséges időt a szerszámgyártók ajánlott paramétereivel a 20. ábra mutatja. Az ábra alsó diagramján a 2500 [mm] „út” fúrásához szükséges időt láthatjuk. A jelentős időkülönbség azt mutatja, hogy a GranTool szerszámával jelentős költséget takaríthatunk meg a gyártás során.



20. ábra. A cégek szerszámainak összehasonlítása.

3.2 A szerszámon végzett mérések

Bizonyos furatok megmunkálása után a szerszámokat a szerszámbefogóból kivettük és megmértük rajtuk a hátkopás mértékét az élein (Lásd 21. ábra). A méréshez a Mitutoyo Quick Vision ELF PRO típusú műhelymikroszkópot használtuk, amellyel le tudtuk mérni a szerszámok kopásának növekedését. A mérés pontosságának érdekében egy saját készítésű tartóban helyeztük el a szerszámot, amely a főélet vízszintes helyzetben tartotta.

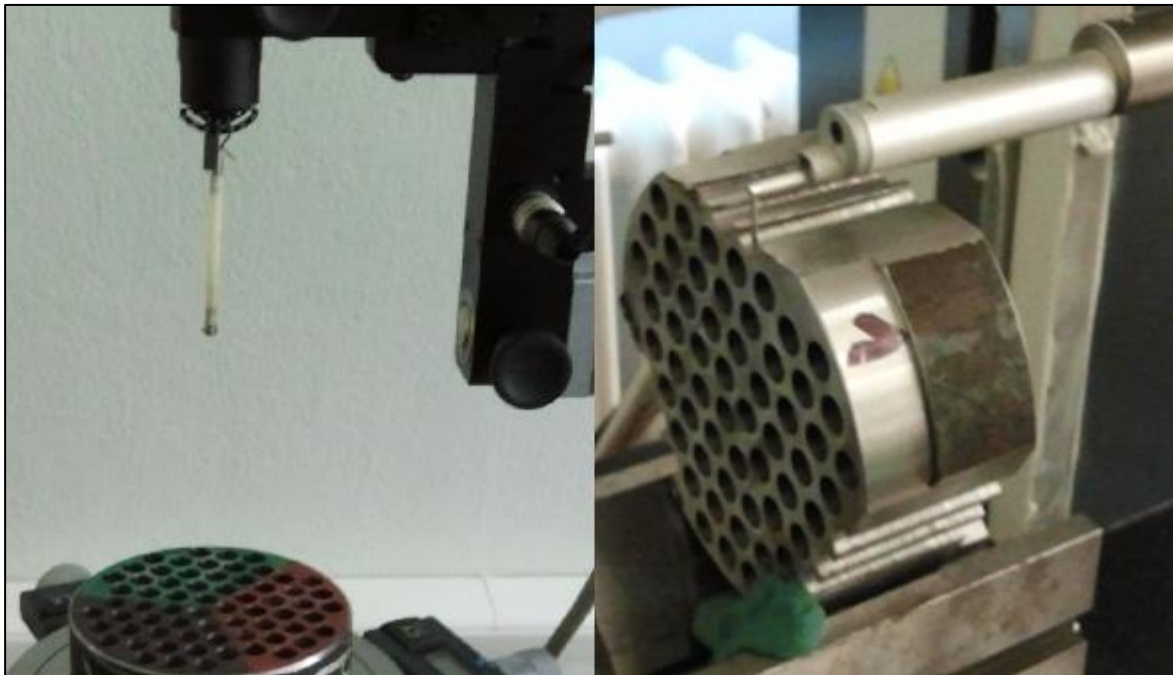


21. ábra. A mérési tartomány

A kopás méréséhez minden esetben fel kellett venni egy referencia egyenest a fúró élére, amely párhuzamos a szerszám fő élével. A felvételen a világosabb részek jelölik a kopást. A referencia egyenestől legtávolabb eső világos pont helyzetét meghatároztuk. A pont egyeneshez mért távolsága a hátkopás. A referencia egyenes sem vehető fel minden esetben azonos helyre. Ez miatt és a viszonylag kevés mérés miatt az általunk későbbiekben felvett kopásgörbék csak tájékoztató jellegűek.

3.3 Munkadarabon végzett mérések

A szerszámok és fúróciklusok szempontjából fontos tényező a munkadarab alakhibája és felületi érdessége. Ezek a tényezők is minősítik a technológiát. Körkörösség és felületi érdesség mérésére is lehetőségünk volt a tanszéki mérőlaborban. Körkörösség mérésére a Mitutoyo Roundtest 1500 típusú körkörösség mérő gépet használtuk. A mérőasztal oldalán található mikrométerek segítségével beállítottuk a furat középpontját, majd felfelé haladva a gép az egyes beállított magasságokban letapogatta a felületet. Felületi érdesség méréséhez a munkadarab széléhez közeli furatokat marógéppel „nyitottuk fel”. Az érdesség mérésére a Mitutoyo Formtracker SV-C 3100 típusú felületi érdesség és kontúrmérő berendezést használtuk. A munkadarabot prizmába helyeztük, a kinyitott furat felülete a tapintó irányába állt. A mérési összeállítások a 22. ábrán láthatók.



22. ábra. Mérési összeállítások

Az eredmények itt is tájékoztató jellegűek, mivel a fűrt furathossz növekedésével nem egyenletesen változtak az értékek.

4. A mérési eredmények

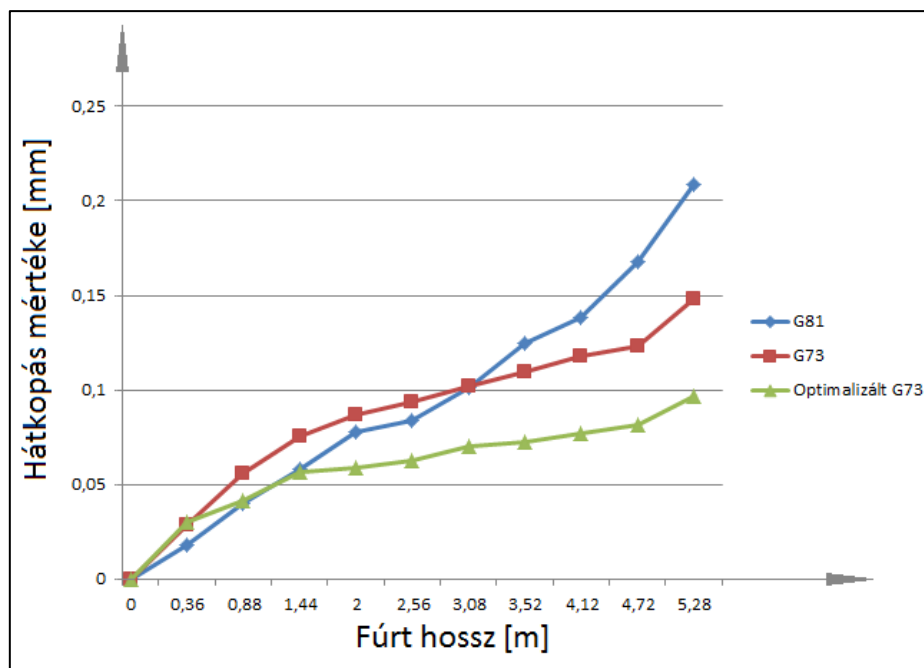
4.1 HSS csigafűrók mérési eredményei

A HSS csigafűrókkal 132 db egyenként 40 mm (összesen 5280 mm) hosszúságú furat készült. Egy tér harmadban 22 furat helyezkedik el, 6 munkadarab fűrésével értük el a peremfeltételt. A viszonylag rugalmas szerszámanyag és kíméletes forgácsolási paraméterek miatt törés és él pattanás nem következett be a forgácsolás során. Egy esetben a szerszám elakadt a furatban, elfordult és feljebb tolódott a patronban. Ezt nagyobb nyomatékot elviselő szerszámbefogóval korrigáltuk, majd folytattuk a kísérletet. Eleinte sűrűbben mértünk, majd az egyenletes kopás szakaszához érve 10-15 furatonként vettük ki a szerszámgépből a fűrókat. A mérési eredményeket a 23. ábra mutatja.

Ø8 HSS csigafűrók GranTool				
Furatok száma [db]	G81 szerszám kopása [mm]	G73 szerszám kopása [mm]	Optimalizált G73 szerszám kopása [mm]	Furatmélység [m]
0	0	0	0	0
9	0,018	0,029	0,03	0,36
22	0,04	0,056	0,042	0,88
36	0,058	0,076	0,057	1,44
50	0,078	0,087	0,059	2
64	0,084	0,094	0,063	2,56
77	0,101	0,102	0,07	3,08
88	0,125	0,11	0,073	3,52
103	0,138	0,118	0,077	4,12
118	0,168	0,123	0,082	4,72
132	0,209	0,148	0,097	5,28

23. ábra. HSS csigafűrók kopása

A 10db adat egy viszonylag részletes görbét ad, amelyre szükség van, hogy minősíteni tudjuk a ciklusokat, mivel nagyobb mértékű szerszámsérülés nem következett be. A gyorsacél szerszámok kopását a 24. ábra szemlélteti. Minél kisebb a ciklusokhoz tartozó szám, annál jobb az a technológia.



24. ábra. HSS szerszámok kopásgörbéje

A fenti diagramon elkülöníthető a három kopási szakasz. A kezdeti kopásnál még együtt vannak a görbék, aztán az egyenletes kopás szakaszához érve különválnak. Az egyenletes kopás meredeksége minősíti az egyes fúróciklusokat. Látható, hogy a G81 meredekebben növekszik, vagyis az a legrosszabb vizsgált technológia. Ha 0,3mm-es kopást veszünk újraélezési határnak, akkor minden bizonnyal az optimalizált G73 ciklus fogja a legkésőbb elérni ezt az értéket, tehát ez bizonyult a legkedvezőbbnek a szerszám szempontjából.

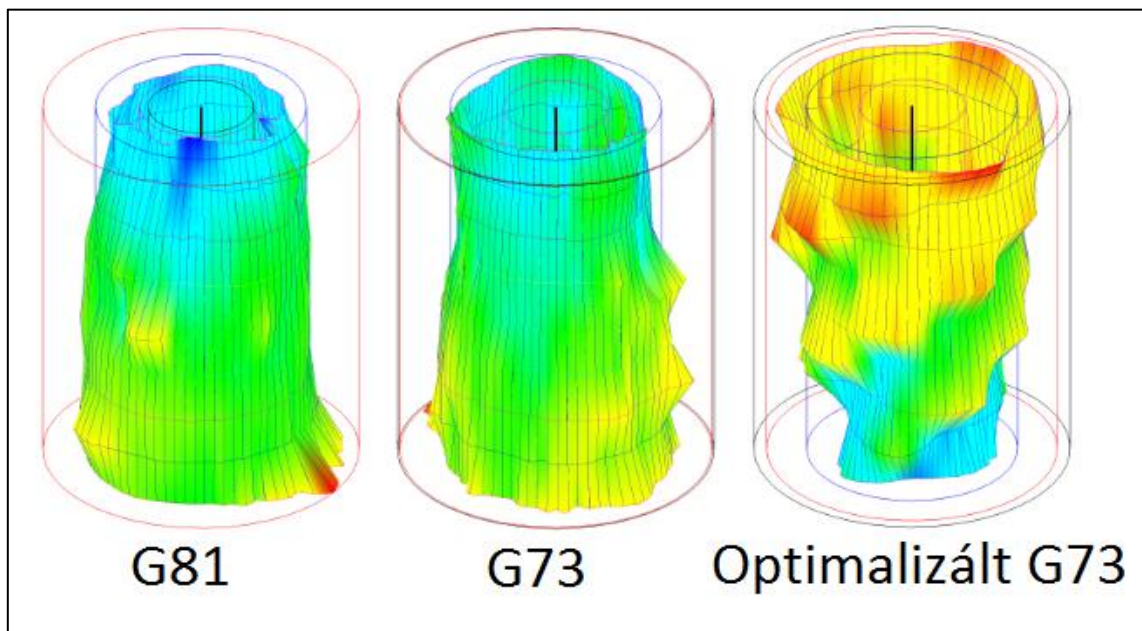
A körkörösség és felületi érdesség megfelelő minősége elengedhetetlen. Ha ezek nem kielégítőek, akkor a furatok utómunkálatokat igényelnek. Az utómunkálatok növelik a gépi időt, ezzel a költségeket is. A munkadarab körkörösségének hibáját a 25. ábra mutatja be.

Körkörösség mérése HSS csigafúró által készített furatokon		
Fúróciklus	Furatszám: 1.	Furatszám: 111.
G81	125,517 μm	134,4 μm
G73	93,872 μm	134,828 μm
Optimalizált G82	229,203 μm	224,672 μm

25. ábra. HSS szerszámmal fúrt darab körkörösségi hibái

A munkadarab méretei miatt a 111.furatot tudtuk a darab szétfűrészelése nélkül megmérni. A táblázatból látszik, hogy a makrociklussal fúrt furatok körkörösségi hibái majdnem kétszerese a beégetett gépi ciklusokéhoz képest. Az első és majdnem az utolsó furatok között a beégetett

ciklusok alakhibái romlást mutattak, míg a makro kis mértékben ugyan, de javult. A nagy alakhiba oka lehet, hogy a bekezdési fázisban a lassított előtolás miatt a fúrószerszámon kialakult torziós lengések rezonancia frekvenciájába, vagy annak felharmonikusába találhattunk bele. Az egyes ciklusokkal gyártott 111. furat alakja a 26. ábrán látható, a többi mérési eredményt a mellékletekben csatoltuk. Az ábrán látható zöld szín azt jelenti, hogy túréson belül van. A kék szín a túrésmező alatt, a sárga és piros színek pedig felette helyezkednek el.



26. ábra. HSS szerszámmal megmunkált furatok alakhibái

Az alakhiba a „felnyitott” furatokon is megfigyelhető. Szabad szemmel felfedezhető a különbség az egyes ciklusokkal gyártott furatok között (Lásd 27. ábra.).



27. ábra. Felnyitott furatok – A50 munkadarab

A makrociklussal gyártott furatok jobb oldalán a bevezető szakasz látható, amelyben a szerszám lenyomata eltér a másik kettő ciklustól.

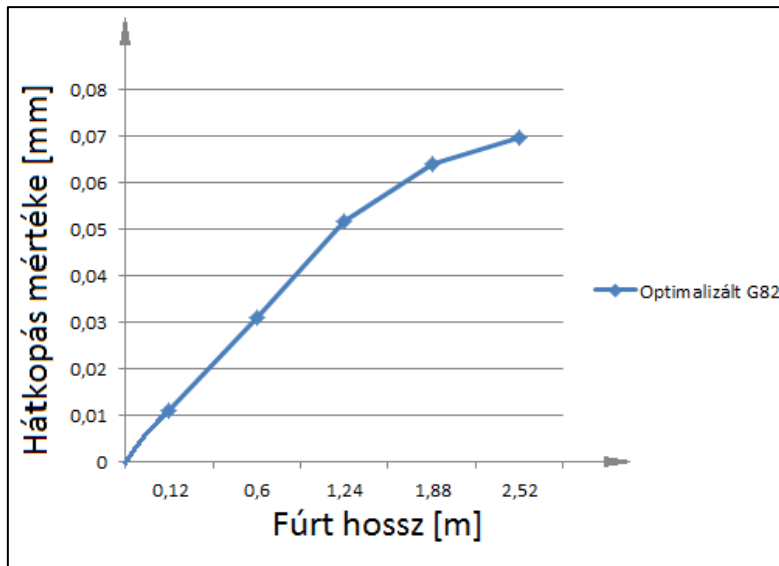
4.2 GranTool keményfém csigafúrók mérési eredményei

A GranTool keményfém fúróival 63db, egyenként 40mm (összesen 2520 mm) hosszúságú furatot készítettünk. A G81 gépi ciklussal működő szerszám a harmadik furatba beletört. Ez bizonyítékot adott arra, hogy ha nem lassítjuk le a szerszámot a furatba történő belépéskor, akkor az negatív hatással van a fúróra. A törés ellenére a munkadarabot végigfúrtuk a másik szerszámmal. A programot átírva megvalósítottuk, hogy a töretlen szerszám végigfúrja a munkadarabot. Egy munkadarabra 66db furat fért így teljesült a peremfeltétel, vagyis több mint 2,5 métert munkáltunk meg. Az eredmények a 28. ábráról olvashatóak le.

Ø8 Keményfém csigafúrók GranTool			
Furatok száma [db]	G81 szerszám kopása [mm]	Optimalizált G82 szerszám kopása [mm]	Furattélység [mm]
3	Törött	0,011	0,12
15	Törött	0,031	0,6
31	Törött	0,0519	1,24
47	Törött	0,064	1,88
63	Törött	0,0697	2,52

28. ábra. GranTool keményfém fúrók kopása

Kopásgörbe felvételével itt nem tudjuk igazolni, hogy az optimalizált ciklus jobb, viszont a szerszámtörés egyértelműen utal rá. A 29. ábrán az épen maradt szerszám kopásgörbéje látható. Ami leolvasható róla, hogy a közel kettő és fél méter kifúrása után kezdődik el az egyenletes kopás szakasza, ami még igen messze van az újraélezéstől.



29. ábra. GranTool keményfém szerszám kopásgörbéje

Ebben a kísérletben nem végeztünk méréseket a munkadarabon. Az első három gyártott furatot nem lett volna hiteles összevetni egymással, hiszen ilyenkor még nagy különbségek nem lehettek volna tapasztalhatók. A szerszámtörés, amely az optimalizált ciklust igazolja, a 30. ábrán látható.

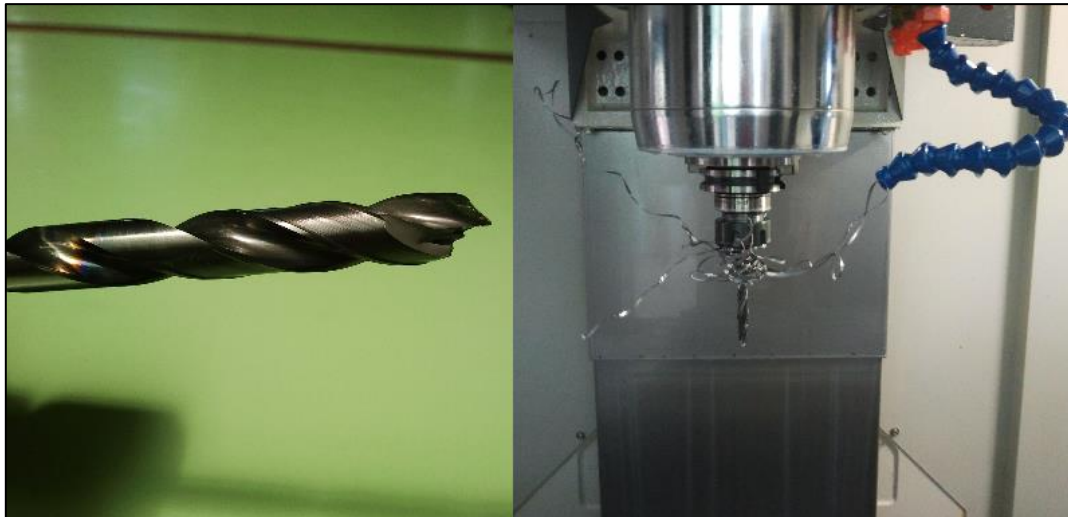


30. ábra. A törött szerszám

A csigafúró csúcsa tört bele a munkadarabba, nagy valószínűséggel az elakadt forgács miatt.

4.3 Hoffmann Group keményfém csigafúrók mérési eredményei

A Hoffmann Group keményfém csigafúróival 52db egyenként 55mm (összesen 2860 mm) hosszúságú furat készült, így teljesült a fúrási peremfeltétel. Az előző esethez hasonló jelenséget tapasztaltunk itt is (Lásd 31. ábra)



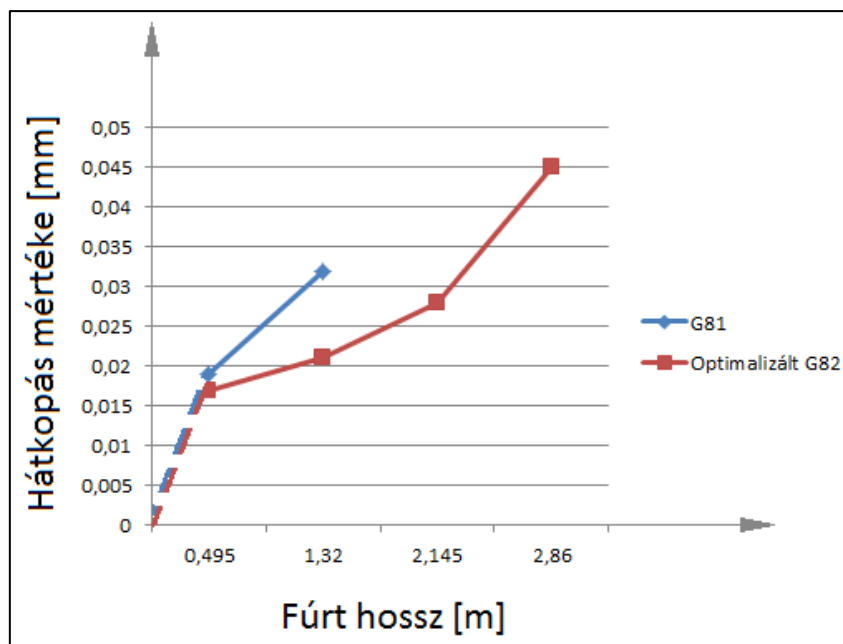
31. ábra. Élpattanás és szokatlan forgácsalak

Szerszámtörés ugyan nem történt, de a huszonötödik furat gyártásakor furcsa hang és füst kísérte a megmunkálást. Nagy hosszúságú folyó forgács tekeredett a szerszámmra. A szerszámon az egyik él letört. Az előző keményfém kísérlethez viszonyított kisebb paraméterek ellenére a beégetett gépi fűróciklus ebben az esetben is a szerszám élettartamának jelentős csökkenését okozta. A károsodás után a másik szerszámmal tovább folytattuk a forgácsolást a kísérlet peremfeltételéig, majd az adatokat a 32. ábrán foglaltuk össze.

Ø8 Keményfém csigafűrók Hoffmann Group			
Furatok száma [db]	G81 szerszám kopása [mm]	Optimalizált G82 szerszám kopása[mm]	Furatmélység [mm]
9	0,019	0,017	495
24	0,032	0,021	1320
39	Használhatatlan	0,028	2145
52	Használhatatlan	0,045	2860

32. ábra. Hoffmann Group keményfém fűrók kopása

Ebben az esetben is kizárólag tájékoztató jellegű görbéket vettünk fel, ugyanis a kettő pontból álló görbe nem ad értékelhető eredményt, ami a 33. ábrán látható.



33. ábra. Hoffmann Group keményfém szerszám kopásgörbéje

A görbéből látszik, hogy a G81 kopása intenzívebben kezdett növekedni, mint az optimalizált G82 ciklus kopása. Kiértékeléshez ugyan kevés, de talán érthetően szemlélteti a különbségeket.

Összegzés

A kísérleti eredményeink azt mutatják, hogy célszerű a makro és parametrikus programozás technikáját alkalmazni a beégetett fűróciklusok optimalizálásához.

A gyártási tapasztalatokat figyelembe véve optimalizáltuk a furat belépési és kilépési szakaszában az előtolási sebességet, amely a szerszám éltartam növekedését eredményezte. A kísérlet során a forgácsoló sebességet állandó értéken tartottuk. Az előtolási sebesség csökkentése hosszabb gépi időt eredményez, ami csökkentheti a gazdaságosságot. Az általunk megírt ciklusokban a belépési és kilépési veszteségeket a programozható első fogás nagyságával korrigálni lehet. Függ továbbá az idő a bekezdési szakaszok hosszától, amit a program számol a szerszám átmérőjéből és kúpszögéből. Ezeket módosítva megoldható, hogy a csökkentett előtolási sebesség ellenére sem legyen jelentősen hosszabb a megmunkálási idő.

Az alakhiba az optimalizált ciklus esetében mutatta a legnagyobb eltérést. Ezt a problémát több tényező is befolyásolhatja. Véleményünk szerint a kiválasztott előtolási sebesség nem optimális. Ebből következhetnek a szerszámon tapasztalt nem kívánatos rezgések és lengések, amelyek rá szuperponálódhatnak a szerszám mozgására. Fontosnak tartjuk, hogy ezeket a nem kívánatos hatásokat csökkentsük. Terveink között szerepel a munkát folytatni és újabb kísérleteket végezni az ideális előtolási sebesség tartományának a meghatározására.

Felhasznált irodalom

[1] Dr. Boza Pál - CNC technológia és programozás

Kecskeméti Főiskola- Kecskemét 2008

[2] FANUC Series Oi-MC Operator's manual

[3] Sinumerik 840D/840Di/810D ShopMill

Siemens AG – Erlangen 2004

[4] Peter Smid - Fanuc CNC Custom Macros Industrial

Press Inc. - New York 2005

[5] Dudás Illés - Gépgyártás Technológia I.

Miskolci Egyetem- Miskolc 2002

Ábrajegyzék

1. ábra. Fúróciklus várakozással, NCT 201 vezérlés (G82).....	4
2. ábra. Mélyfúró ciklus, NCT 201 vezérlés (G83).....	5
3. ábra. Nagysebességű mélyfúró ciklus, NCT 201 vezérlés (G73)	6
4. ábra. Fúróciklus, FANUC 0 vezérlés (G82).....	8
5. ábra. Mélyfúró ciklus, FANUC 0 vezérlés (G83)	9
6. ábra. Fúró és dörzsölő ciklus, SINUMERIK 840D vezérlés.....	10
7. ábra. Mélyfúró ciklus, SINUMERIK 840D vezérlés	12
8. ábra. G81 fúróciklus folyamatábrája	14
9. ábra. G82 fúróciklus folyamatábrája	14
10. ábra. G83 fúróciklus folyamatábrája	15
11. ábra. G73 fúróciklus folyamatábrája	16
12. ábra. G82 jellegű optimalizált fúróciklus folyamatábrája	19
13. ábra. G83 jellegű optimalizált fúróciklus folyamatábrája	20
14. ábra. G73 és G83 ciklusmagjainak különbsége	21
15. ábra. Magban lezajló folyamatok zsákfurat üzemmódban	22
16. ábra. Magban lezajló folyamatok átmenő furat üzemmódban	24
17. ábra. Optimalizált fúróciklus mozgásviszonyai	25
18. ábra. HSS furatminta	27
19. ábra. Keményfém furatminta.....	28
20. ábra. A cégek szerszámainak összehasonlítása.	29
21. ábra. A mérési tartomány	30
22. ábra. Mérési összeállítások.....	31
23. ábra. HSS csigafúrók kopása.....	32
24. ábra. HSS szerszámok kopásgörbéje.....	33
25. ábra. HSS szerszámmal fűrt darab körkörösségi hibái.....	33
26. ábra. HSS szerszámmal megmunkált furatok alakhibái	34
27. ábra. Felnyitott furatok – A50 munkadarab	34
28. ábra. GranTool keményfém fúrók kopása.....	35
29. ábra. GranTool keményfém szerszám kopásgörbéje.....	36
30. ábra. A törött szerszám.....	36
31. ábra. Élpattanás és szokatlan forgácsalak	37
32. ábra. Hoffmann Group keményfém fúrók kopása.....	37
33. ábra. Hoffmann Group keményfém szerszám kopásgörbéje	38