

# NAGY MENETEMELKEDÉSŰ GOLYÓSANYA CNC ESZTERGÁN TÖRTÉNŐ MEGMUNKÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA

## EXAMINATION OF THE MANUFACTURING POSSIBILITIES OF A HIGH PITCH BALL NUT ON CNC LATHE

Kiss Dániel\*, Csáki Tibor\*\*, Makó Ildikó\*\*

### ABSTRACT

*The machining of high pitch ball nuts brings on several problems. For a possible solution we bring out a series of experiments. In the first phase of these experiments we are trying to produce some profile on an outer surface in order to find an appropriate cycle, because suitable cycle can not be accessible*

### 1. BEVEZETÉS

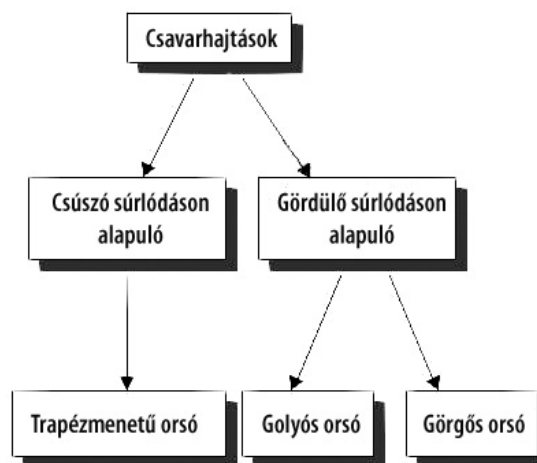
Napjainkban fokozódik az igény a különböző berendezésekben, szerszámgépekben a mozgások sebességének fokozására, elsősorban a mellékidők csökkentése miatt. A fejlesztések mind a mozgást létrehozó motorok sebességének, fordulatszámának növelésére, mind pedig a mozgásátalakítók tulajdonságainak javítására irányulnak. A Miskolci Egyetem Szerszámgépek Tanszékén az igényes pozicionáló rendszerekben gyakran alkalmazott mozgásátalakító, a golyósorsó-golyósanya tulajdonságainak fejlesztésével kapcsolatosan folynak kutatások, együttműködve az eszközök hazai gyártójával, a SZIMIKRON Kft-vel. A kimenő sebesség növelésének egyik módja a menetemelkedés növelése.

Nagy menetemelkedésű golyósorsó gyártása nem jelent különösebb nehézséget a szokványos orsókéhoz képest. Nagy menetemelkedésű golyósanya gyártásánál azonban a hagyományos módszerekkel nagyon könnyen geometriai korlátokba ütközünk: a köszörűkő profilját olyan mértékben kellene módosítani, ami már a biztonságos működést veszélyezteti.

A szakirodalomban a probléma megoldására nagyoló megmunkálásként az esztergálást, befejező megmunkálásként a keményesztergálást találtuk. Ebben a dolgozatban azt tűztük ki célunk, hogy megvizsgáljuk,

hogya a rendelkezésünkre álló szerszámgépek tulajdonságai, paraméterei lehetővé teszik-e a golyósanya gyártását, milyen fejlesztések (például speciális szerszám tervezése) szükségesek, illetve milyen pontosság várható a kísérletek során. [3][5][6]

A szerszámgépeken való megmunkálás során a pozicionálás biztosítása a legfontosabb követelmény a munkadarab minősége szempontjából. A munkadarab – gép – szerszám kapcsolatban a szerszám gép szánok mozgásának pontossága függ a szerszám gép kinematikai láncában szereplő vezetékelemek, vezetékek, vezetékekrendszerek kialakításának és beépítésének minőségétől. Azonban nemcsak ezekből - a vezetésből, megtámasztásból származó - hibák, pontatlanságok adódnak át közvetlenül a munkadarabnak vagy a szerszámnak. A munkadarab hibáinak okozója lehet az előtoló hajtás, illetve az azt alkotó gépelemek hibája is.



1. ábra Csavarhajtások csoportosítása

Azt a golyósorsó-golyósanya kapcsolatot, amelyben a golyókat görgőszerű elemek helyettesítik, a további-

\*doktorandusz, Miskolci Egyetem Szerszámgépek Tanszéke

\*\*PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem Szerszámgépek Tanszéke

akban megfelelő terminológia hiányában görgős orsónak fogjuk nevezni.

## 2. POZICIONÁLÁS

A pozicionáló rendszerek 1-es típusú szabályozókörök, amelyekben állandó sebességgel változó alapjel esetén az alapjel és a szabályozott jel, a kimenő jel közötti különbség, a követési hiba állandósult állapotban az alapjel sebességétől és a szabályozókör körerősítésétől függ. Jól beállított szabályozókörök esetén a programozott pont pályája nem vagy csak nagyon kiértékben tér el a kívánt pályától, csak időbeli eltérés van az alapjelek által meghatározott pont és a programozott pont tényleges helyzete között.

Amikor azonban nem idő-alapú az alapjelképzés, hanem elektronikus kinematikai láncot hozunk létre a főorsó és a szánok között, mint például menetvágás esetén, akkor ez az időbeli késés nem engedhető meg. A CNC vezérlések ebben az esetben a programozott paraméterek alapján Feed Forward (FF, sebességarányos előreccatolás) algoritmussal biztosítják a nulla követési hibát. Annak eldöntésére, hogy a tanszéken található CTX alpha CNC esztergán ez az algoritmus megfelelően működik-e, forgácsolási kísérletet végeztünk. A kísérletet az egyszerűbb megvalósíthatóság és a könnyebb ellenőrizhetőség érdekében nem anyán, hanem orsó modellen végeztük, a fő célunk a követési hiba sebességfüggetlenségének megállapítása volt.

A kísérlet során 45mm átmérőjű munkadarabon 25 mm menetemelkedésű menetet programoztunk, 300 és 600 fordulat/perc orsófordulattal. Ez 7500 és 15000 mm/perc előtolást jelent, ami egy átlagosnál nagyobb, de még megvalósítható körerősítésnél 2,5 illetve 5 mm követési hibát jelent, vagyis ha nincs FF, akkor mérés nélkül, szemmel láthatóan eltérő pályán halad a szerszám. A kísérleteknél azt tapasztaltuk, hogy a két fordulatszámra a szerszám pályája megegyezik, tehát a sebességarányos előtolás megfelelően van megvalósítva.

A tényleges megmunkálásnál a vágósebesség a fentieknél még nagyobb is lehet, ezért a Z irányú előtolási sebesség is nagyobb. A forgácsolási paraméterek megválasztásánál ügyelni kell arra, hogy az adott gépen érvényes sebességhatárt ne lépjük át, illetve megfelelő biztonsági tartalék is maradjon.

## 3. A FORGÁCSOLÁSI KÍSÉRLET LEÍRÁSA

Következő célunk a megfelelő menetprofil megvalósíthatóságának vizsgálata volt. A kísérleteket külső hengeres felületen végeztük, mert így könnyebben programozható, illetve egyszerűbben ellenőrizhető, hogy a megfelelő profilt képeztük le, és a pozicionáló

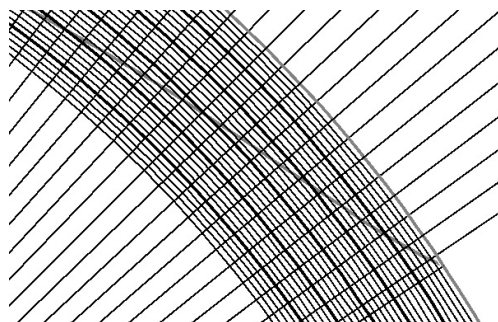
rendszer tesztelésére ez is alkalmas. A beépített menetvágó ciklusok csak szabványos menetprofilok létrehozására alkalmasak, de nem használhatók alakos felületek létrehozására.

A kívánt golyópályát előállító NC program megírására több lehetőség is adódik. Kísérleteinknél azt a megoldást választottuk, hogy a vezérlés (Sinumerik 840D) beépített menetvágó ciklusait alkalmazzuk (mert ezek megfelelő működését a vezérlés gyártója garantálja), de olyan módon, hogy minden ciklust csak 1 fogással hajtunk végre, majd a következő fogáshoz újabb felparaméterezett ciklus hívása következik.

A menetvágó ciklus programozásához szükségünk volt azon indítási pontokra, melyekből a szerszámot indítva, több kis lépésből alakítjuk ki a kívánt golyópályát, mely a kísérlet során egyszerű körprofil (a tényleges golyópálya profilja természetesen ettől eltérő, de a megvalósíthatósághoz szükséges kísérleteket ez az eltérés nem befolyásolja, ezért az egyszerűbb körprofil is elegendő volt). A programozáshoz meg kell adnunk a kezdő, illetve végátmérőt, a fogásvételi mélységet és a szögeltolási értéket. A szögeltolási érték azt jelenti, hogy a főorsó (a C tengely) 0°-os helyzetéhez képest milyen szöggel eltolva kezdődjön az adott fogáshoz tartozó menet.

Ezen pontok meghatározásának lépései a következők voltak:

- 1) 3D modell elkészítése UGS NX 7.5 program használatával
- 2) A szükséges metszetek létrehozása: mivel a szerszám a darab hossz tengelyével párhuzamosan mozog, így nekünk a hossz tengelyre merőleges metszetre van szükségünk, nem pedig a kialakítandó profilra merőleges metszetre.
- 3) Az így kapott metszetet AutoCAD programba exportálva a szükséges szögeltolási és fogásvételi értékekkel ábrázolva megkapjuk a szerszámindítási paramétereket



4. ábra. A kiszerkesztett fogásvételi és szögeltolási értékek metszetei adják a szükséges pontokat

A fogásvételek a menet közepéről indultak 0,5mm fogással és 2° szögeltolással fogásonként, mindaddig, amíg meg nem közelítették a létrehozni kívánt profilt, ekkor 1° szögeltolásra és 0,1mm-rel csökkenő fogásvételekre váltottunk a program írása során. Ezután egy újabb 0,5mm-rel nagyobb fogás következett középről indulva, a profil közelítésekor megegyező stratégiát alkalmazva.

A programozás során ügyelni kellett a be- és kifutási útra, amelyen felgyorsul, illetve lefékeződik a szerszám, és értéke legalább egy menetemelkedésnyi.

A fenti módszerrel kapott eredményeket a Sinumerik 840D vezérlés menetvágó ciklusaiba kézi programozással vittük be. A ciklusban az alábbi paramétereket kell meghatározni:

PIT (valós)	menetemelkedés értéként (előjel nélkül adandó be)
MPIT (valós)	menetemelkedés menetszámként. Értéktartomány: 3 (M3-ra) ... 60 (M60-ra)
SPL (valós)	menet-kezdőpont a hossz tengelyben
FPL (valós)	menet-végpont a hossz tengelyben
DM1 (valós)	menetátmérő a kezdőponton
DM2 (valós)	menetátmérő a végponton
APP (valós)	befutási út (előjel nélkül adandó be)
ROP (valós)	kifutási út (előjel nélkül adandó be)
TDEP (valós)	menetmélység (előjel nélkül adandó be)
FAL (valós)	simításráhagyás (előjel nélkül adandó be)
IANG (valós)	fogásvételi szög Értéktartomány: "+" (oldal fogásvétel a homlokoldalon) "- " (váltakozó oldal fogásvételre)
NSP (valós)	indításpont-eltolás az első csavarmenetre (előjel nélkül adandó be)
NRC (egész)	nagyolási vágások száma (előjel nélkül adandó be)
NID (egész)	üres vágások száma (előjel nélkül adandó be)
VARI (egész)	a menet megmunkálási jellegének meghatározása Értéktartomány: 1 ... 4
NUMTH (egész)	csavarmenetek száma (előjel nélkül adandó be)

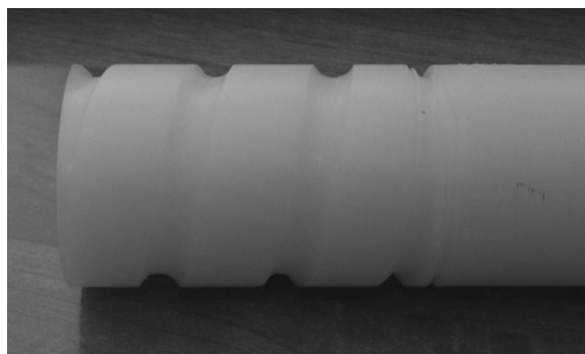
Látható, hogy a ciklusnak sok paramétert kell megadni, amelyek jelentős része a speciális profil miatt kihasználatlan lesz. Tervezzük olyan kísérletek végrehajtását is, amikor nem a menetvágó ciklussal, hanem a G33 menetvágó utasítás használatával forgácsoljuk le a próbadarabot. Ebben az esetben elmarad a fölös-

leges, kihasználatlan paraméterek megadása, rövidebb programmal megoldható a feladat.

Egy további lehetőség a MASTERCAM\* program szolgáltatásainak felhasználásával végzett programírás. Természetesen ez a program sem tudja közvetlenül a szükséges szolgáltatásokat, azonban a profil megadásával és beszűrő művelet választásával a menetvágás célpontjai kellő sűrűséggel meghatározhatók ezzel a módszerrel is.

A forgácsolási tapasztalataink alapján a nagyszámú adat miatt elég sok adathiba volt, aminek jelentős részét a vezérlés szimulációs üzemmódjában sikerült felderíteni, így a megmunkálásnál ez nem okozott gondot. A továbbiakban azonban valamilyen automatizált megoldást fogunk használni, olyan számítógépes program felhasználásával, amely az AUTOCAD-ből kapott adatokat automatikusan beépíti a Sinumerik 840D vezérlés által igényelt formátumú CNC programba, így elkerülve a hibásan megadott adatokat. Erre a célra olyan programcsomaghoz kell egy beépülő modult alkotni, mely fejlett 3D modellező felülettel rendelkezik, illetve tartalmaz CAM programrészt is. Így megfelelő posztprocesszorok segítségével könnyedén elkészíthetjük az NC programot akár többféle vezérléshez is.

Az 5. ábrán az első kísérletekhez használt alkatrész látható. Ekkor a program még tartalmazott olyan hibákat, amelyeket szimulációval nem sikerült felderíteni. Fém próbadarab esetén ez a szerszám törését okozta volna, a műanyagban viszont nem okozott ilyen problémát.



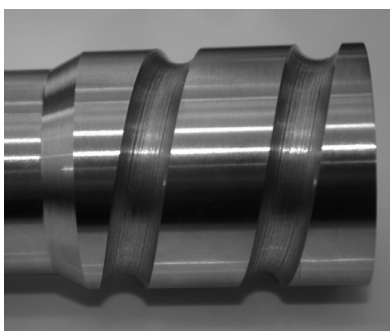
5. ábra. Forgácsolási kísérlet műanyag próbadarabbal.

A további kísérleteket fém munkadarabon végeztük. A 6. ábrán látható az elkészült próbadarab. A golyópálya modell felületi minősége láthatóan nem elég jó, de a módszer alkalmazhatóságát be lehetett mutatni vele.

\* A CNC Software Inc., USA cég terméke

A minőség a fogásvételi paraméterek finomításával javítható lesz.

További kísérletekkel kell majd megtalálni a megfelelő kompromisszumot a felületminőség (egyelőre nagyolásról van szó, tehát nincsenek extra követelmények) és a megmunkálási idő között. Habár a geometria és a technológiai követelmények miatt a szán forgácsoláskor is közel a megengedett legnagyobb sebességgel mozog, a nagyszámú fogás miatt a megmunkálási idő elég hosszú lesz.



6. ábra. Az elkészült próbatest.

Eddigi forgácsolási kísérleteinkben a szerszámgép és a programozási módszer alkalmazhatóságát vizsgáltuk a golyósanya nagyoló esztergálásában. Minden kísérleti gyártásnál fontos szempont, hogy az elkészült munkadarabot minősíteni tudjunk, meg tudjuk mérni a geometriai jellemzőit, össze tudjuk hasonlítani a tervezett és a megvalósított darabot. A golyópálya viszonylag bonyolult geometriája miatt mérési, ellenőrzési módszernek a 3D-s szkennelést és az így kapott felület és a CAD rendszerben megtervezett felület összehasonlítását választottuk. A Tanszéken rendelkezünk egy Breuckmann smartSCAN<sup>3D</sup>-HE szkennel [6] és a Geomagic Studio programmal [7], amikkel az összehasonlítás elvégezhető.

A kísérleti munkadarab méretei miatt a legkisebb látószögű, és így a legpontosabb objektív választható a szkenneléshez. A próbadarab szkennelését a kézirat leadásáig még nem végeztük el, de terveink között szerepel a mérés és összehasonlítás.

A külső menet szkennelésénél problémát jelenthet a vizsgálandó profil „mélyedés” jellege, mert a szkennel működési elvéből következően azokat a pontokat tudja feldolgozni, amelyeket mindkét objektívvel egyszerre lát. Ez elsősorban felvétel készítési és nem kép illesztési probléma, néhány próbálkozással meg lehet találni a megfelelő felvételi irányokat.

A forgácsolási kísérleteknél, tehát amikor külső felületet munkáltunk meg, ez a módszer jól alkalmazható, azonban belső felületnél a szkennel működési elvéből és felépítéséből adódóan csak nagyon kis mértékben képes „belelátni” a golyósanyába. A meg-

oldás az lehet, hogy létrehozzuk az anya negatívját, az elkészült anyát öntőformának használva kiöntjük megfelelően választott anyaggal, és a szkennelést ezen hajtjuk végre. Ezzel a módszerrel elsősorban a golyópálya profil alakja vizsgálható, bár megfelelő kalibráció után a szkennel pontossága a geometriai méretek ellenőrzésére is alkalmas. A „negatív anyán” a mérendő felület már kiemelkedés jellegű, ezért a szkennelésnél kevésbé kényes a láthatósága, ezért gyorsabban, kevesebb felvétellel megoldható a mérés.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Ezen kísérletnek, illetve további jövőbeni kísérleteknek célja, hogy a Szerszámgépek Tanszékén lehetővé tegye a golyósanyák gyártását, az új fejlesztések prototípusainak helyben történő legyártását.

A jelenleg a tanszéken üzemelő DMG CTX alpha 500 típusú szerszámgép alkalmas nagy menetemelkedésű golyósanyák nagyoló megmunkálására, a tervezett mérések elvégzése után pedig meghatározhatóvá válik a pontosság, illetve annak a simítási ráhagyás értéknek a megállapítása, mely a befejező megmunkálás elvégzéséhez szükséges.

*Jelen publikáció a TÁMOP 4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.*

#### 5. IRODALOM

- [1] N. TANAGUCHI: CIRP Annals Vol.32/2/2983. pp.: 573-582
- [2] FAG Präzisions-Kugelgewindetriebe, Nr.1154
- [3] KUNDRÁK J.: Gépkatrészek működő felületeinek élettartam növelő megmunkálása, II. Magyar Karbantartási Konferencia, Dunaújváros 2010.
- [4] Soroka: Hard Turning and the Machine Tool Hardinge Inc.
- [5] Wickmann: Threading Tool, Threading Insert, and Method of Forming a Thread, Letöltés dátuma: 2012.04.05.  
<http://osdir.com/patents/Cutters/Threading-tool-threading-insert-method-forming-thread-07476063.html>.
- [6] Breuckmann smartSCAN<sup>3D</sup> HE szkennel ismertetője. Letöltés dátuma: 2012. 04. 05.  
<http://www.breuckmann.com/en/industry-technology/products/smartsan.html>
- [7] Geomagic Studio 2012. Letöltés dátuma: 2012. 04. 05. <http://www.geomagic.com/en/products/studio/overview/>