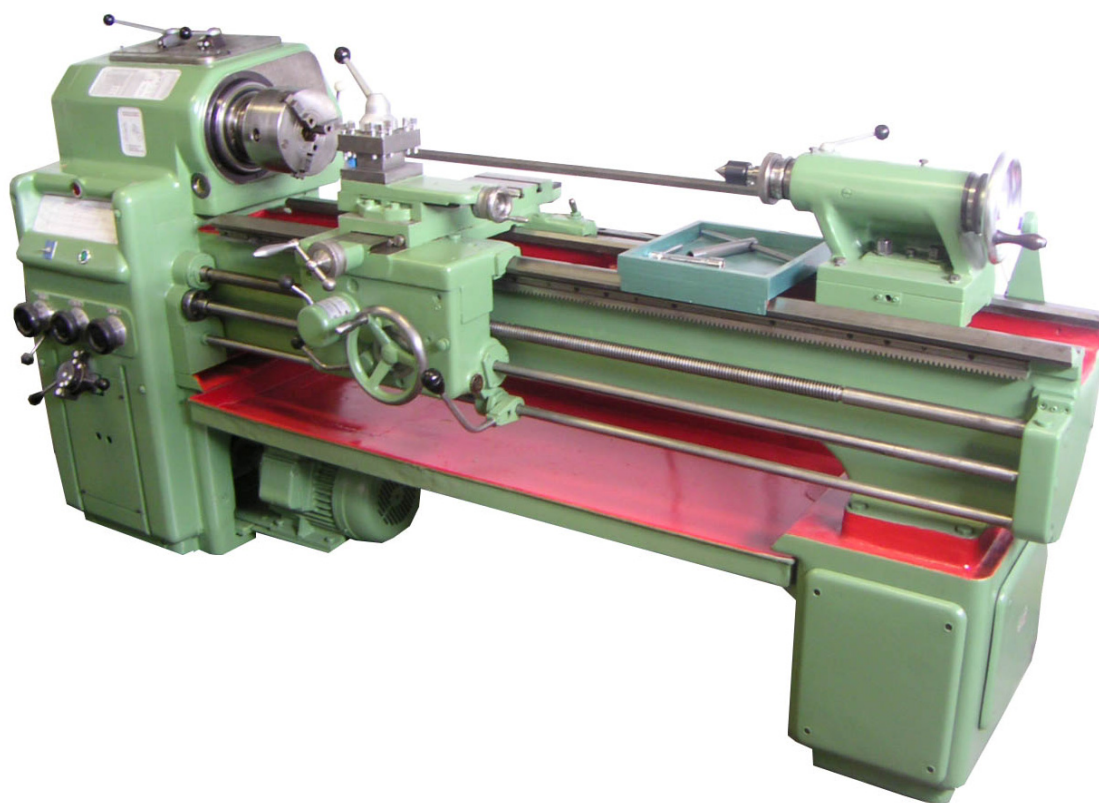




MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Dr. Kövesi Gyula-Kövesi Levente

**Helygon sokszögfelületek megmunkálása
E400S típusú munkadarab-mozgatású sokszögesztergán**



<http://mek.oszk.hu>

Tartalomjegyzék

Bevezetés	4
1. A sokszögeszterga működési elve, az alakképzés	5
2. A szerszámgép műszaki adatai	7
3. Műszaki leírás	8
3.1. A főorsó konstrukciós kialakítása	8
3.2. A főhajtómű konstrukciós kialakítása	9
3.3. A szegnyereg konstrukciós kialakítása	11
4. A gép működése és kezelőelemei	14
4.1. A kezelőelemek	14
4.2. Kapcsolási táblázatok	16
4.3. Az excentricitás beállítása	21
4.4. A fékek állítása	24
4.5. A sokszögeszterga beállítása a kívánt művelet elvégzéséhez	25
5. Munkadarab-mozgatású gép kinematikai modellje	27
5.1. Hipociklois profilok leképzése	27
5.2. Epiciklois profilok leképzése	30
6. A szerszámgépen megmunkálható felületek	37
6.1.1. Hipociklois alapú egyenes és csavart alkotójú felületek	37
6.1.2. Epiciklois alapú egyenes és csavart alkotójú felületek	41
6.1.3. Hipociklos és epiciklois metszetű tetszőleges alkotójú felületek	45
6.1.4. Összetett felületek	47
7. A megmunkálás forgácsolástechnológiai jellemzői	52
7.1. A forgácsoló sebesség	52
7.2. Működő élszögek	54
8. HHE felületek megmunkálása	58
9. HEE felületek megmunkálása	61
10. Nyomatékvitelre ajánlott HHE profilok	63
11. Alkalmazási példák	68
11.1. Nyomatékvivő felületek	68
11.1.1. Kúpkeres differenciálmű	69

11.1.2. EUS400-01 sokszögeszterga főhajtómű	71
11.1.3. Műanyagfeldolgozó extruder csigák javítása	73
11.1.4. Élelmiszeripari keverőtartályok lapát menesztése	77
11.1.5. Csavarfej, csavaranya és kulcsok	79
11.2. Dekoratív felületek	83
11.2.1. Kézi marokgombok	83
11.2.2. Sokszögletű tabletták	86
11.2.3. Fából, kőzetből készült dekoratív felületek	89

Bevezetés

A sokszög keresztmetszetű felületeket (elsősorban négyszögeket) már a rómaiak alkalmazták vízikerekeknél, vízkiemelő műveknél. A szerkezeti anyag általában fa volt és a kis fordulatszámok nem kívántak különösebb illesztést és központosítást. A középkorban elterjedten alkalmazták a sokszögműkötetéseket (malomipar, mezőgazdasági gépek, óragyártás stb.). A megmunkált anyag már általában fémötvözet volt, de a megmunkálás, illesztés, szerelés egyedi.

A nyomtatékvitelre használt sokszögfelületek alkalmazása –előnyeik ellenére- az ipari forradalom korszakában kezdett háttérbe szorulni. Az ék- retesz- és bordásműkötetések alkalmazása került előtérbe a megfelelő megmunkáló gépek, szerszámok, mérőeszközök technológia kifejlesztésével, a szabványosítással, tervezési segédletekkel stb. A sokszögműkötetések szűk területre szorultak vissza mivel a megfelelő pontosságú és termelékenységű technológiák nem álltak rendelkezésre és ennek megfelelően nem fejlődött a teljes alkalmazástechnikai lánc.

A gépi sorozatgyártásra alkalmas technológiák szabadalmaztatása a XX. század elején indult meg. A poligon felületek köszörülésének máig alkalmazott elvét szabadalmaztatta Mossdorf R. 1933-ban Bécsben, majd Ernst Krause and Co. cég támogatásával 1938-ban a megmunkáló gépet (K-profil). Musyl és Pleger szabadalmaira támaszkodva a francia Manuhrin cég fejlesztette tovább a technológiát és hozta forgalomba az ún. poligon köszörű gépet. Később a német Fortuna Művek vette át a gépek gyártását és fejlesztését.

Magyarországon 1968-ban került szabadalmaztatásra a bolygó munkadarab főmozgással dolgozó sokszögeszterga [1], majd több országban így az USA-ban is szabadalmi jogot kapott [2]. A gép és technológia fejlesztésében a Miskolci Egyetem meghatározó módon vett részt. A fejlesztés során sokszög felületek határozott élű szerszámmal történő megmunkálására új konstrukciós megoldások is születtek [3, 4].

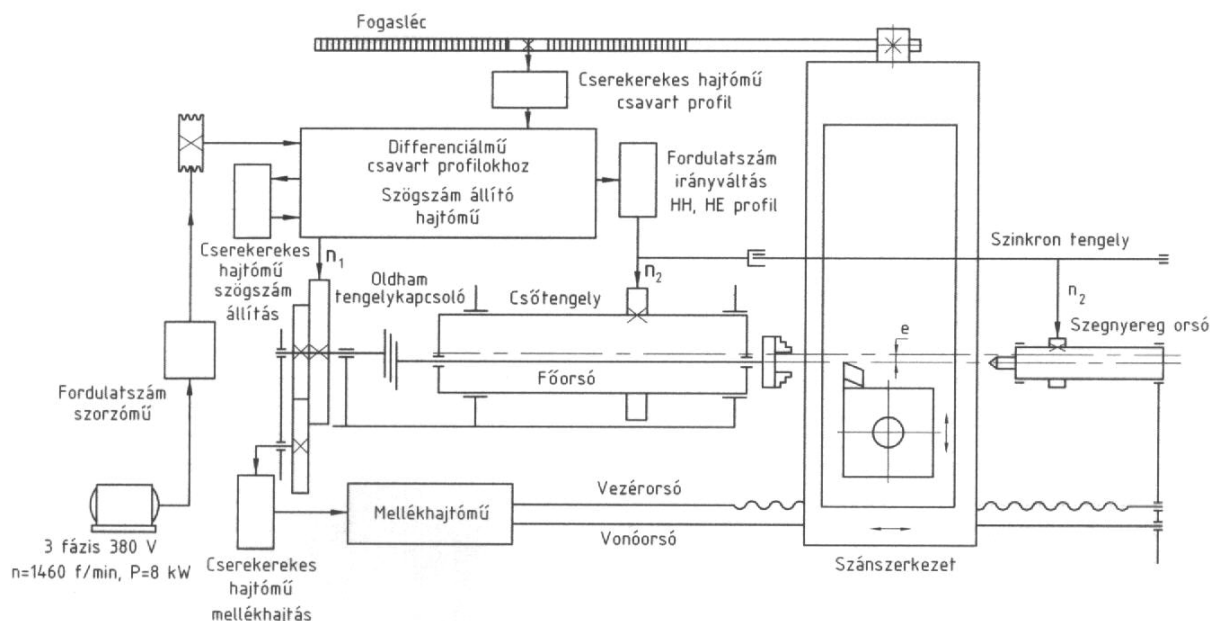
A munkadarab-mozgatású sokszögesztergán megmunkált profilok matematikai hipo- és epicikloisok. Mivel a Fortuna Művek által gyártott poligon köszörűgépek eltérő geometriájú profilokat képeznek és ezeket következetesen „Polygon” profiloknak nevezik, sőt ilyen néven is szabványosították, a félreértések elkerülése érdekében a bolygómozgással generált profilokat a matematikai görbékre utalva a következőkben „Helygon” profiloknak nevezzük. A profilok rövidített jelölését hasonlóképpen egyértelművé tettük (pl. HHE4 profil: helygon-hipociklois-esztergált-szögszám N=4, illetve HEE5 profil: helygon-epiciklois-esztergált-szögszám: N=5).

Az egyetemes sokszögeszterga felépítésén és kezelésén túlmenően minimális elméleti alapokat kívántunk adni a tervezőknek és a gyártástechnológusoknak. Célunk volt a szerszámgép teljes alakképzési lehetőségének bemutatása. A bemutatott szerszámgép azonban -az adott fejlesztési szinten- csak bizonyos feladatok megvalósítására alkalmas pontosság és termelékenység szempontjából.

Az utolsó fejezetben néhány alkalmazási példát mutatunk be. Az elektronikus feldolgozás a Pro INVENT Mérnökiroda Kft. (Magyar Innovációs Klub tagja) anyagi hozzájárulásával készült. Alkalmazási elképzelés esetén vállalkozunk a megvalósíthatóság technikai és gazdasági vizsgálatára, tervezésre és kivitelezésre. Érdeklődést, észrevételeket, javaslatokat a proinvent@chello.hu e-mail címre várjuk, és előre is köszönjük.

1. A sokszögeszterga működési elve, az alakképzés

A munkadarab-mozgatású sokszögesztergán a forgácsoló főmozgást – állítható sugáron **(e)** bolygómozgást – a főorsó (munkadarab) végzi, míg az alakítási mellékmozgásokat az egyetemes esztergagéppel megegyező módon a szánszerkezet biztosítja a forgácsoló szerszámnak (1. ábra).

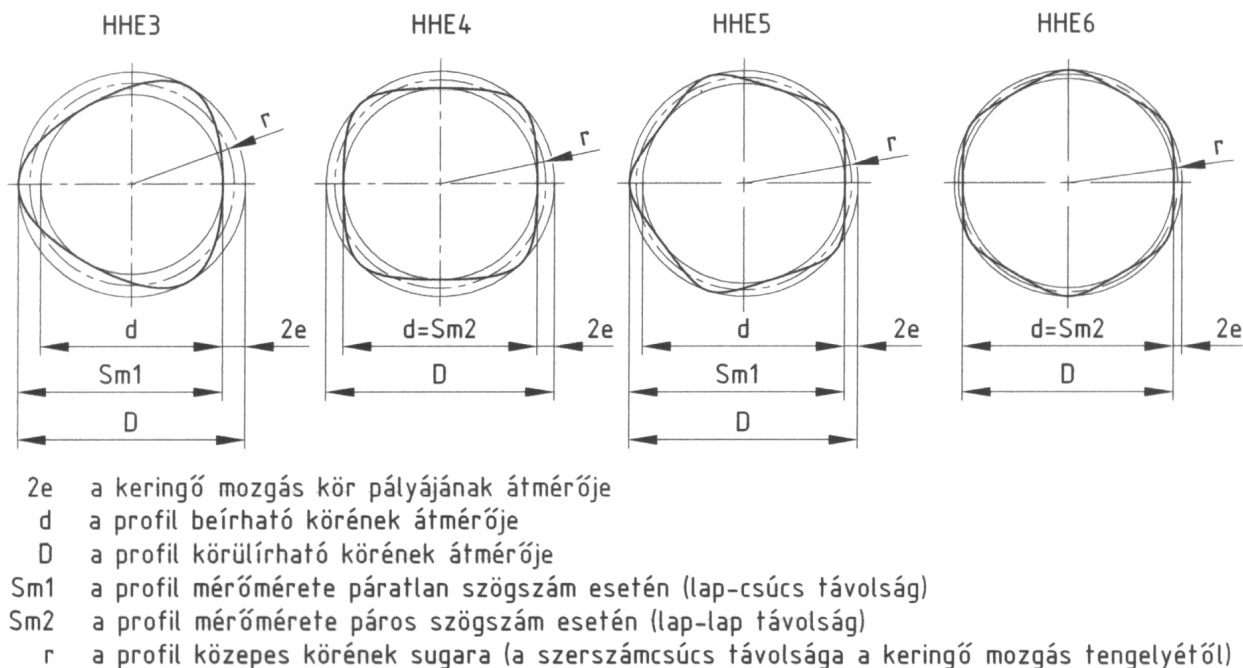


1. ábra A munkadarab-mozgatású sokszögesterge kinematikai blokkvázlata

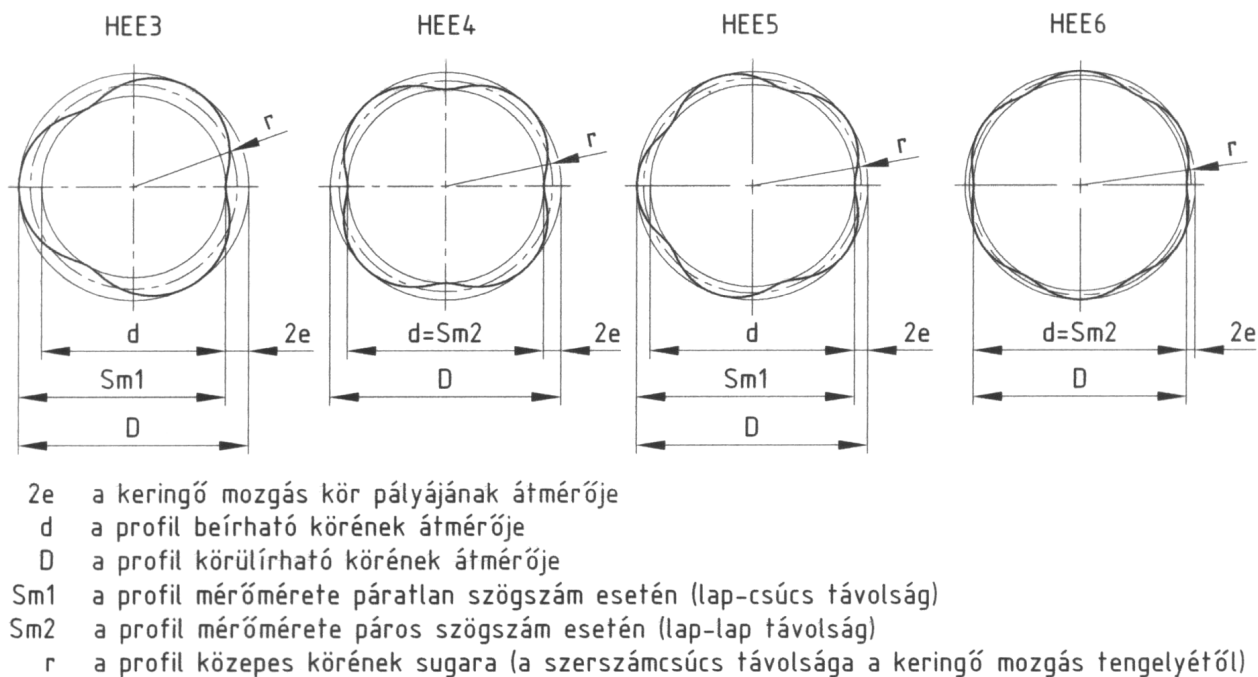
A kialakuló profil szögszámát (\mathbf{N}) a bolygómozgás két összetevő fordulatszámának hányadosa – a csőtengely (n_2) és a főorsó (\mathbf{n}_1) fordulatszám-hányadosa – adja meg. A profil körül (\mathbf{D}) - és beírható (\mathbf{d}) körének különbsége arányos a bolygómozgás keringő mozgásának sugarával (\mathbf{e}). A jellemző méretek láthatók esztergált hipociklois profilok esetén (HHE-profil) a 2. ábrán, esztergált epiciklois profilok esetén (HEE profil) a 3. ábrán.

A profil alakját ezen kívül a csőtengely és a főorsó egymáshoz viszonyított forgásértelme (hipociklois, epiciklois), illetve az \mathbf{r}/e viszony határozza meg (ahol \mathbf{r} a szerszám csúcsának távolsága a keringő mozgás tengelyétől).

A szerszámgép alkalmas különböző menetemelkedésű csavart profilok előállítására. Ebben az esetben a hosszánhoz rögzített fogasléc cserekerekes hajtóművön keresztül a hosszán elmozdulást differenciálművön keresztül beviszi a főorsó forgásába melynek eredményeképpen a hosszán mozgás arányában a sokszögprofil, elfordul a hossztengely mentén. A cserekerekes hajtómű áttételének változtatásával állítható be az emelkedés nagysága, illetve iránya (jobbos, balos emelkedés).



2. ábra Esztergált hipociklois profil (HHE profil) fő méretei



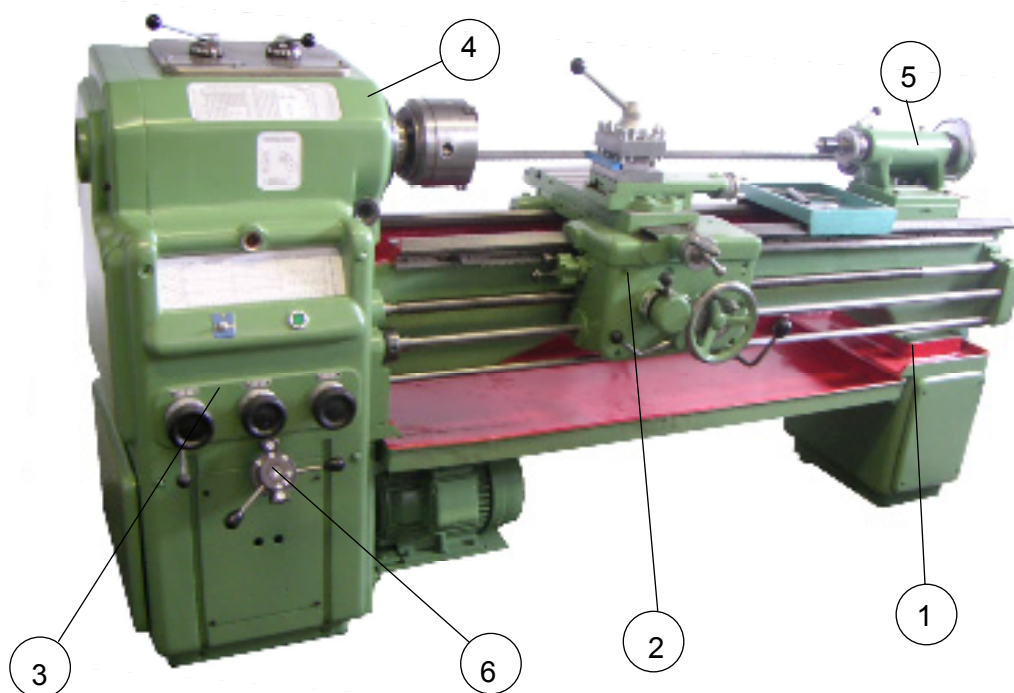
3. ábra Esztergált epiciklois profil (HEE profil) fő méretei

2. A szerszámgép műszaki adatai

Állítható maximális excentricitás:	4	mm
A helygonprofil körül- és beírható körének max. különbsége:	16	mm
Képezhető szögszám közvetlen kapcsolással:	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12	
Képezhető szögszám cserekerekkel:	1, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17,18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	
Esztergálható átmérő ágy felett (szinkron tengely kivéve):	400	mm
Esztergálható átmérő szán felett:	200	mm
Befogható legnagyobb munkadarab mérete:	Ø220x1000	mm
Csúcsávolság:	1000	mm
Főorsó furat:	Ø40	mm
Főorsó belső kúp:	Morse 5	
Szegnyereg belső kúp:	Morse 3	
Tokmányátmérő:	Ø200	mm
Késszár mérete:	20x20	mm
Főorsó fordulatok száma normáleszterga üzemmódban:	12	
Főorsó fordulatok száma sokszögeszterga üzemmódban:	9 (4)	
Főorsó fordulatok határértékei:	66-664	f/min
Hosszelőtolások értékei (tartományokként 27 érték) 1 tart.:	0.0125 - 0.0937	mm/f
2 tart.:	0.1 - 0.75	mm/f
3 tart.:	0.8 - 6	mm/f
Keresztelőtolások értéke:	0.5 x hosszeltolás	
Vezérorsó menetemelkedése	4 menet/1"	
Metrikus menetek értékei (tartományokként 27 érték) 1 tart.:	0.062 - 0.468	mm
2 tart.:	0.5 - 3.775	mm
3 tart.:	4 - 30	mm
Withworth menetek értékei (tartományokként 27 érték) 1 tart.:	240 - 32	menet/1"
2 tart.:	30 - 4	menet/1"
3 tart.:	3 ¾ - ½	menet/1"
Vágható menetek váltókerék cserével:		
81 db Modul menet:	Modul 0.019-9.5	
81 db Diametral Pitch menet:	DP 2-30	
Meghajtó motor:	EVIG VZ132M4-8	
Fordulatszám:	1460	f/min
Teljesítmény:	8	kW
Hálózat:	3 fázis 380V	
Áramfelvétel:	9	A
Szivattyúmotor fordulatszáma:	2800	f/min

3. Műszaki leírás

Az E400S típusú sokszögeszterga konstrukciónál az E400-as alapgép ágya (1), szánszerkezete (2) és mellékhajtóműve (3) változatlanul megmaradt. Teljesen új egység a sokszögműveztető főhajtómű (4) és a szegnyereg (5). Ezen kívül a gép mellékhajtóműve alá – a felhasználható fordulatszámok bővítése érdekében – egy hatfokozatú fogaskerekes hajtómű (6) lett beépítve (4. ábra).



4. ábra Az E400S szerszámgép fő szerkezeti egységei

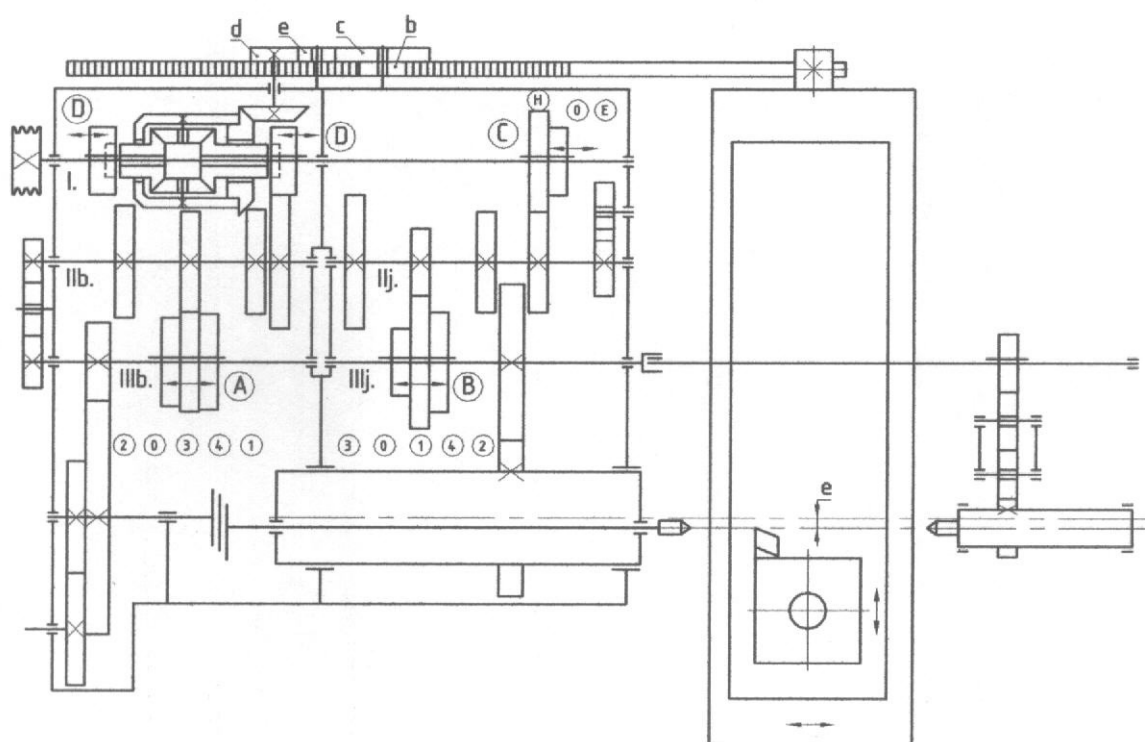
3.1. A főorsó konstrukciós kialakítása

A bolygómozgást biztosító főorsó, főhajtómű és szegnyereg kinematikai vázlata az 5. ábrán látható.

A főorsó elöl siklócsapággal, hátul két mélyhornyú golyóscsapággal és két axiális golyóscsapággal egy csőtengelyben, a csőtengely, pedig magában a hajtóműházban csapágyazott. A csőtengely két excentrikus hüvelyből áll, melyek működés közben kúpfelületekkel elfordulásmentesen rögzíthetők. Excentricitás állítás esetén az a kúpok oldhatók és a hüvelyek egymáshoz képest elforgathatók. Amennyiben a két excenter hüvely alapexcentricitását szembe állítjuk a főorsó tengelye a csőtengely tengelyvonalába esik ($e=0$). Ellenkező esetben a főorsó maximális excentricitással helyezkedik el a csőtengelyben és az excentricitás a hüvelyek alapexcentricitásának ($e_h=2$) összege ($e_{max}=4$). A két határ között fokozatmentesen bármilyen excentricitás beállítható és a hüvelyek rögzíthetők. A főorsó

meghajtása –nyomatékvitel párhuzamos tengelyek között állandó szögsebességgel- Oldham tengelykapcsolóval történik.

Mivel a kialakuló tengelymetszeti profil két mozgás eredményeként –a főorsó saját tengelye körüli forgása és a csőtengely forgása- jön létre az esetleg bekövetkező szögsebesség változások alakhibát (rezgést, a felületi minőség romlását) eredményezhetnének. Ennek megakadályozása érdekében a két hajtó kinematikai lánc fékekkel előfeszített. A főorsó fék a tengely végén elhelyezett tárcsafék, amely normál eszterga üzemmódban ($e=0$, a csőtengely áll és elfordulás ellen retesztelt) kiiktatható. A csőtengely fék pofás fék, amelynél a fékezőerő szabályozható.



5. ábra Az E400S sokszögeszterga kinematikai vázlata

3.2. A főhajtómű konstrukciós kialakítása

A meghajtómotor VZ 132 M4-8 háromfázisú aszinkronmotor, tengelykapcsolón keresztül egy kilencfokozatú fogaskerekes hajtóműbe (I. és II. kapcsoló) hajt be és a hajtóműből ékszíjhajtáson a főhajtóműbe (I. tengely). A differenciálmű kapcsoló (D) KI állásánál az I. tengelyről közvetlen lehajtás történik a IIb. és IIj tengelyre. A D kapcsoló BE állásánál a hosszán előtoló mozgása fogasléc-cserekerék áttételen és a differenciálművön keresztül bevihető a főorsó forgó mozgásába és csavart profilok munkálhatók meg. A menetemelkedés nagysága a cserekerékes hajtómű áttételének változtatásával állítható. A menetemelkedés iránya (jobbos, balos) a cserekerékes hajtóműbe irányváltó fogaskerek beiktatásával változtatható. A

differentiálmű behajtás (fogasléc és cserekerekes hajtómű) a 6. ábrán a fogasléc hosszánhoz történő csatlakoztatása a 7. ábrán látható.

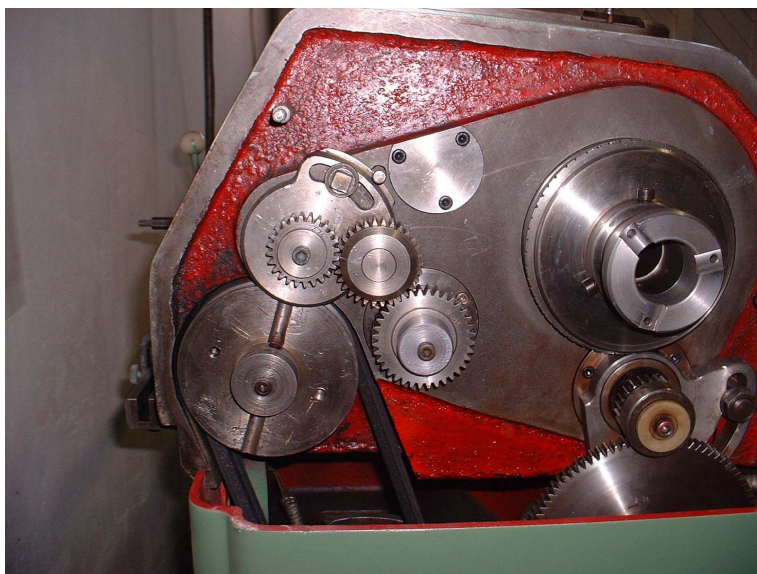


6. ábra A differentiálmű behajtás (fogasléc és fogaskerekes hajtómű)



7. ábra A fogasléc hossz hossz-szánhoz csatlakoztatása

A **C** kapcsolótömb (I. és IIj. tengely) forgásirányváltást tesz lehetővé a csőtengely hajtásláncában (hipo- vagy epiciklois profil). Az **A** kapcsolótömb (IIb.-IIIb. tengely) illetve a **B** kapcsolótömb (IIj.-IIIj.) a beépített szögszámokhoz (2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12) szükséges áttételek bekapcsolását teszi lehetővé. A további szögszámok cserekerekekkel tehetők fel. Ebben az esetben az **A** kapcsolót 4-es állásba kapcsoljuk (kapcsolótömb üres állásban és reteszelve) és a IIb-IIIb tengelyek között a kívánt áttételt cserekerekes hajtóművel biztosítjuk (8. ábra).



8. ábra Szögszámállító cserekerekes hajtómű

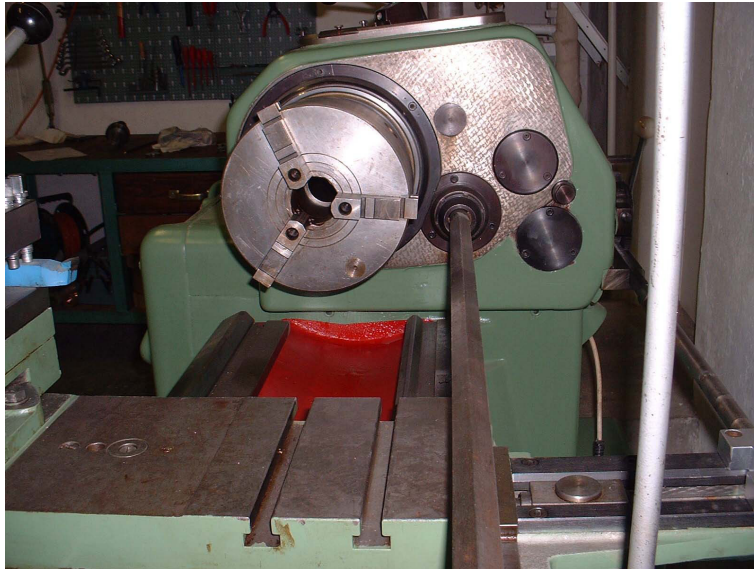
A **B** tolótömb **0** állása esetén a csőtengely meghajtását lekapcsoltuk. A kapcsoló ugyanakkor megfelelő mechanizmussal mechanikusan reteszeli a csőtengelyt elfordulás ellen. Ebben a helyzetben a gép normál esztergaként működtethető és az **A** kapcsolótömbbel valamint az I. és II. kapcsolókkal a főorsón 12 fordulatszám állítható be. Természetesen ilyen felhasználás esetén célszerű $e=0$ excentricitást állítani.

3.3. A szegnyereg konstrukciós kialakítása

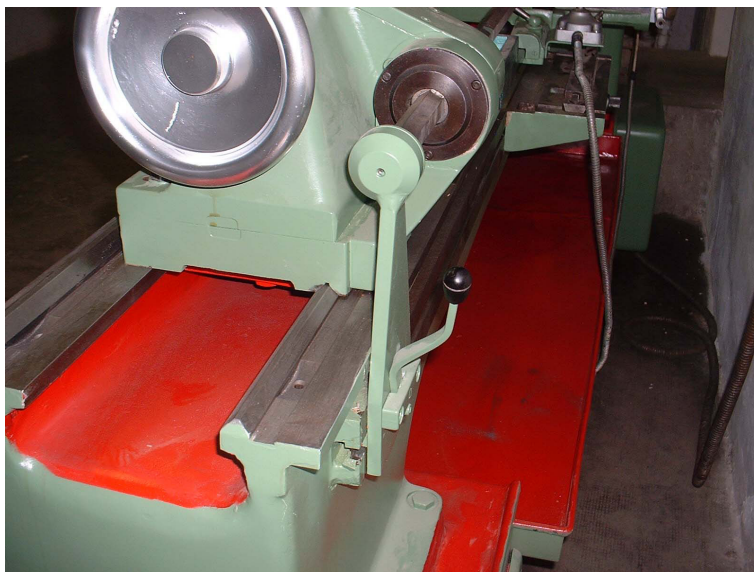
Sokszögeszterga üzemmódban, a szegnyeregben elhelyezett csúcs e sugarú pályán a főorsóval szinkronban keringő mozgást végez. A fentiek kielégítése miatt a csúcst a csőtengely fordulatszámaival forgatni kell, biztosítani kell a főorsóval megegyező nagyságú excentricitás állítását, illetve a keringő mozgás szinkron mozgását a csőtengellyel.

A szegnyereg csőtengelye a szegnyereg hüvelyben van csapágyazva. A hajtást fogaskerék áttételen a szinkron tengelyről kapja. A szinkron tengely meghajtása a főhajtómű **IIIj.**

tengelyéről történik (9.ábra). Amennyiben nem támasztunk csúccsal a szegnyereg hajtás kikapcsolható. A szinkrontengely végén kialakított szinkrontengely konzollal (10. ábra) a tengely axiálisan elmozdítható és a főhajtómű becsatlakozásnál kialakított nyomatékátvivő kötés bontható.



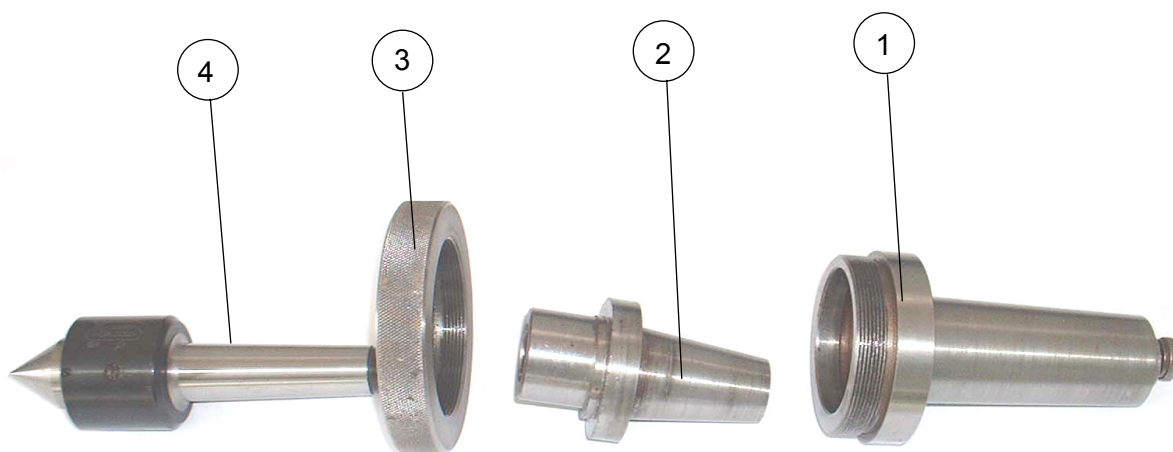
9. ábra Szinkron tengely kihajtás a főhajtóművön



10 ábra Szinkron tengely konzol

Az excentricitás állítása a szegnyereg orsójához meredek kúppal csatlakozó excentricitás állító egységgel oldható meg. A csatlakozó testbe (1) meredek kúppal excentrikusan csatlakozik egy elfordítható csúcstartó elem (2), mely menetes persellyel (3) tetszőleges helyzetben rögzíthető (11. ábra). A menetes persely fellazítása után a csúcstartó elem elfordítható és a perselyen kialakított ablakban skálán, az excentricitás durván beállítható. A finom beállítást mérőórával kell elvégezni (radiális ütés 2e) 0.01 mm pontossággal. A mérőórába célszerűen síktapintót kell elhelyezni.

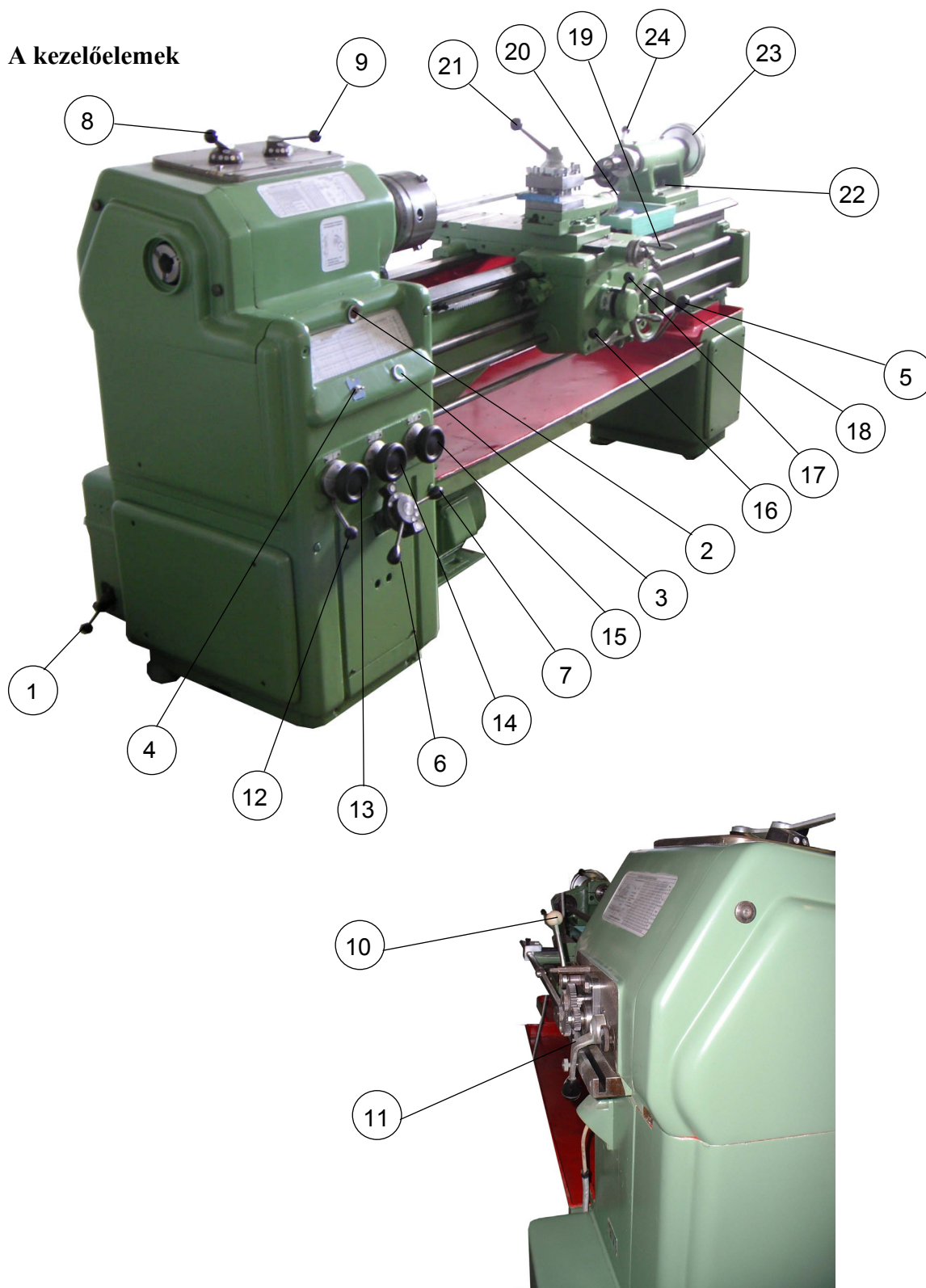
A szinkron állítás a komplett csatlakozó test elfordításával végezhető el. Ekkor két mérőórát kell felhelyezni (egyét a főorsóba helyezett mesterdarabra egyet a szegnyereg csúcstartó elemére). A szinkrontengely kézi forgatásával a felső holtpontoknak egybe kell esni. Eltérés esetén a csatlakozó testet a szegnyereg orsóban el kell forgatni. Ezután a csúcstartó elem meredek kúpjába álló vagy forgó csúcs helyezhető.



11. ábra Szegnyereg excentricitás állító egység

4. A gép működése és kezelőelemei

4.1. A kezelőelemek



12. ábra Az E400S típusú szerszámgép kezelőelemei

1. Elektromos főkapcsoló (1. állás: gép feszültség alá helyezése, 2. állás: gép feszültség alá helyezése és hűtőfolyadék szivattyú indítása).
2. Gép feszültség alatt jelzőlámpa.
3. Motor pillanatkapcsoló.
4. Motor irányváltó kapcsoló.
5. Motorindító és irányváltó kar.
6. Fordulatszámváltó kar (I.).
7. Fordulatszámváltó kar (II.).
8. Szögszám állító kar (A).
9. Szögszám állító kar (B).
10. Forgás irányváltó kar (C, hipo-, epiciklois).
11. Csavart alkotójú profil ki-, bekapcsolás (D).
12. Vonó-, vagy vezérorsó irányváltókar.
13. A Norton szorzómű A, B, C állásait kapcsoló kézikerek.
14. A Norton sor tolókerék kapcsoló kézikerek.
15. Menettípus kapcsoló kézikerek.
16. Gépi előtolás és kézi kioldás kapcsoló.
17. Hossz- keresztelőtolás és anyazár kapcsoló kar.
18. Hosszán mozgató kézikerek.
19. Keresztzsan orsó kézfogantyú.
20. Késszán orsó kézfogantyú.
21. Késtartó rögzítő kar.
22. Szegnyereg rögzítő csavarok.
23. Szegnyereg orsóhüvely mozgató kézikerek.
23. Orsóhüvely rögzítő kar.

A főkapcsoló (1) bekapcsolásával a gépet feszültség alá helyezzük, melyet egy jelzőlámpa (2) jelez. A főkapcsoló 1 állásában csak a feszültség alá helyezés történik meg, a 2 állásban ezen kívül indul a hűtő-kenő szivattyú motor. A motor forgásiránya megváltoztatható a motor irányváltó kapcsolóval (4). A (3) nyomógommbal motor pillanatindítás végezhető. A motor munka közbeni indítását a kapcsolótengelyen lévő karral (5) végezzük. Az irányváltó kapcsoló (4) alapállása esetén a kapcsolókarnak lefelé történő elmozdításánál a kapcsolt forgásértelem megfelel a normál üzemi forgásértelemnek, amelynél a munkoldalón normálhelyzetben felfogott kés a forgácsolást végzi. Az irányváltó kapcsoló átkapcsolása akkor szükséges, ha a szögszámot (kivétel $N=1$) cserekerékkel állítjuk be (a közli kerék forgásirány változást eredményez).

Normáleszterga üzemmódban a 12 főorsó fordulatot három karral (6, 7, 8) kapcsolhatjuk. A kapcsolókat csak álló helyzetben kapcsolhatjuk. A kapcsolás segítésére, ha szükséges a motor pillanatkapcsoló használható (3).

Sokszögeszterga üzemmódban a szögszámenkénti **9** vagy **5** fordulatot (nagyobb szögszámok esetén a felső fordulatok kapcsolása a csőtengely csapágyak és a dinamikus erők miatt nem megengedett) a **6, 7** kapcsolókkal lehetséges.

A csőtengely forgásirányváltó kapcsolóval (10) a csőtengely forgásértelme változtatható (hipo- vagy epiciklois).

A kívánt szögszám a szögszámállító kapcsolókkal (8, 9) állítható. Amennyiben a szükséges szögszám közvetlen nem kapcsolható, megfelelő cserekereket kell feltenni (8. ábra). Cserekerék feltétele esetén a **8** kapcsolót „0” állásba kell állítani. A **8** kapcsoló „0” állásba helyezése mechanikus reteszeléssel biztosítja a mechanikai rövidzárlat kapcsolása ellen. Ha nincs „0” állásban a cserekerék váltóvilla nem elfordítható (nem lehet a cserekeres hajtást bekapcsolni), ha „0” állásban van és kapcsoltuk a cserekerekes hajtást a **8** kapcsoló nem elkapcsolható.

A **12.** jelű kar a vezér- és a vonóorsó forgásértelmének változtatására szolgál. Ezzel állítjuk be a megfelelő kapcsolatot jobb- és balmenetek vágására, valamint a hossz- és keresztelőtoló mozgások értelmének megváltoztatására.

A **15.** jelű kézikerékkel vezérelhetők a mellékajtómű fogaskerekei és kézikapcsolói, illetőleg a vezér- és vonóorsó aszerint, hogy előtolást vagy metrikus, illetőleg Whitworth menetet kívánunk kapcsolni. Ennek megfelelően a kézikerék a tárcsán feltüntetett Metrikus, Hosszelőtolás vagy Whitworth helyzetbe állítható.

A **13.** jelű kézikerék forgatása a nortonszorozómű megfelelő áttételeinek kapcsolását eredményezi. A kézikereket a menettáblázattal megegyező **A, B, C** jelzések közül mindig arra kell állítani, amelyik betűhöz tartozó mezőben a keresett érték található.

A **14.** jelű kézikerék egy tolókereket hoz kapcsolatba a nortonsor megfelelő kerekeivel. A kézikereket a menettáblázattal megegyező **1-9** számok közül mindig arra kell beállítani, amelyik számmal jelzett oszlopban a vágandó érték található.

Az **A, B, C** mezők egyenként három sorra oszlanak. Az egyes sorok cserekerekkel valószínűsíthetők meg. (főhajtómű mellékajtómű kapcsolat).

A szánszekrény **17.** jelű karjával a hossz- és keresztelőtolás, valamint az anyazár kapcsolható.

A **16.** jelű kar szolgál az előtolás bekapcsolására, az ütközésre automatikusan kioldó kapcsoló ismételt bekapcsolására, vagy kézi kioldással pillanatkapcsolóként való működtetésre.

4.2. Kapcsolási táblázatok

A hosszeltolós és menettáblázat a 13. ábrán, csavartalkotójú sokszögek beállítási táblázata a 14. ábrán, szögszámállítás, fordulatszám-állítás, és excenterállítás táblázata a 15. ábrán, a cserekerek elhelyezése sokszögmegmunkáláshoz a 16. ábrán látható.

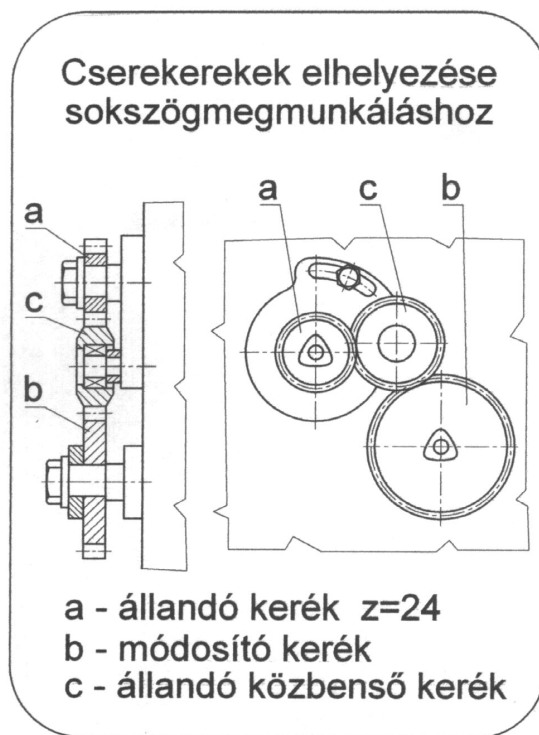
		METRIKUS												HOSSZ ELŐTOLÁS												WHITWORTH																																																																																																																																																																																																																																				
--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

13. ábra Hosszelőtolás és menettáblázat

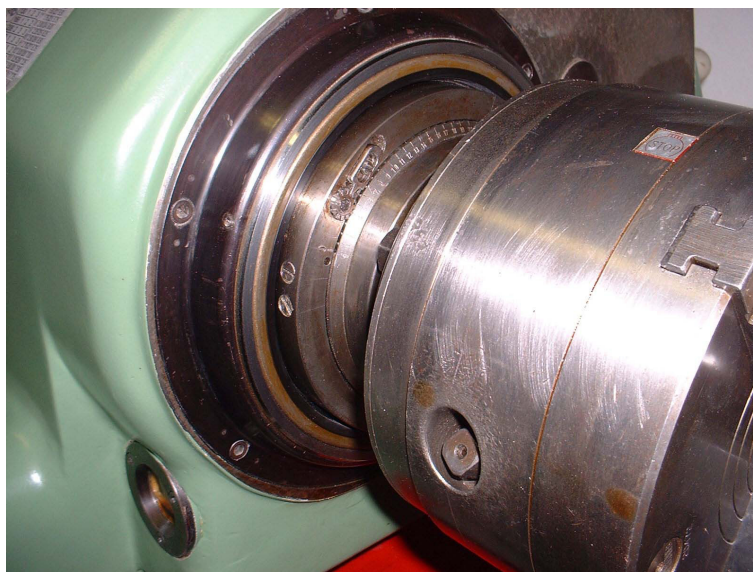
Csavartalkotójú sokszögek beállítási táblázata																							
C												C											
10.0	30	72	24	26.4	66	60	24	37.5	60	48	30	55.0	66	36	30	82.5	66	48	60	Példa:			
12.0	30	60	24	27.0	54	48	24	38.5	66	72	42	56.0	48	36	42	84.0	48	24	42	$d_0=30, N=3$			
14.0	42	72	24	27.5	66	72	30	39.0	78	48	24	59.4	66	60	54	85.8	78	60	66	$H=652, C_1=1$			
15.0	30	48	24	28.0	42	36	24	40.0	48	36	30	60.0	48	24	30	88.0	66	36	48	$C=\frac{H}{3 \cdot N \cdot \pi} \cdot C_1$			
16.0	36	54	24	29.1	54	78	42	40.5	54	48	36	60.5	78	72	60	90.0	60	24	36	$C=23.07$			
17.5	42	72	30	30.0	60	48	24	41.25	66	48	30	62.4	78	30	24	91.0	78	36	42	$b=60, c=78, d=30$			
18.0	36	48	24	30.5	48	66	42	43.2	54	30	24	63.0	42	24	36	92.4	66	30	42				
19.2	48	60	24	31.2	78	60	24	44.0	66	36	24	64.0	72	54	48	93.6	78	30	36				
20.0	30	36	24	31.5	42	48	36	45.0	54	36	30	65.0	78	36	30	94.5	54	24	42	Példa:			
21.0	42	48	24	32.0	48	36	24	47.25	54	48	42	67.5	54	24	30	96.0	60	30	48	$d_0=50, N=4$			
21.6	54	60	24	32.4	54	60	36	48.0	60	30	24	70.0	60	36	42	97.5	78	24	30	$C=20, C_1=2$			
22.0	66	72	24	33.0	66	48	24	49.5	66	48	36	72.0	48	24	36	99.0	66	24	36	$H=C \cdot 3 \cdot N \cdot \pi \cdot C_1$			
22.5	36	48	30	33.6	42	30	24	50.0	60	36	30	75.0	60	24	30	104	78	36	48	$H=1508$			
23.1	60	78	30	34.3	48	42	30	51.43	72	42	30	77.0	66	36	42	105	60	24	42	$b=30, c=36, d=24$			
24.0	48	60	30	35.0	42	36	30	52.8	66	30	24	80.0	60	36	48	108	54	24	48				
25.0	60	72	30	36.0	54	36	24	54.0	72	48	36	81.0	54	24	36	110	66	36	60				

14. ábra Csavartalkotójú sokszögek beállítási táblázata

15. ábra Szögszámállítás, fordulatszámállítás és excentricitásállítás táblázata



16. ábra Cserekerekek elhelyezése sokszögmegmunkáláshoz



17. ábra Excentricitás állító skála

4.3. Az excentricitás beállítása

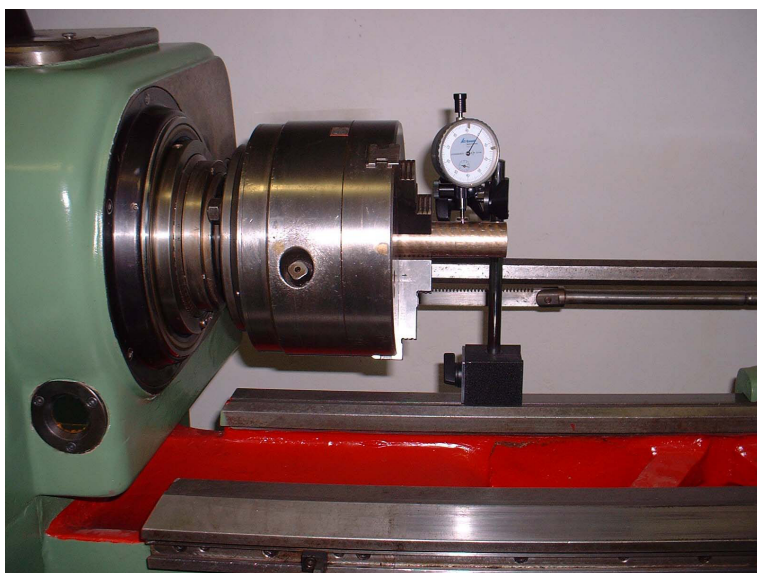
A belső excenterhüvely homlokfelületén lévő skálán a sugárirányú ütés (2e) van megadva 0.25 mm-es osztással, mely segítségével a durva excenterállítás elvégezhető. (17. ábra). Az ellenőrzést illetve finomállítást mérőórával kell elvégezni.

A főorsó excentricitás állítás menete:

- ◇ Az elektromos főkapcsolót kikapcsoljuk,
- ◇ Az **A** és **B** kapcsolót „0” állásba állítjuk,
- ◇ A hajtóműfedél baloldali plexi ablakát levesszük és az excenteroldó anya zárt palásthornyába, behelyezzük az excenteroldó csapot (18. ábra),
- ◇ A bekapcsolt szinkrontengelyt villáskulccsal elfordítjuk jobb irányban mindaddig, míg nem érezzük, hogy a belső excenter hüvelyből kipattan,
- ◇ A szinkron tengely ellentétes irányú forgatásával a belső excenter hüvelyt lazán behúzzuk,
- ◇ Kivesszük az excentricitás állító csapot és meglazítjuk a külső excenterhüvely palástfelületén lévő kilincsrögzítő csavart, illetve oldjuk a kilincs tengelyrögzítést,
- ◇ szinkron tengely elforgatásával (a külső excenter hüvely elforgatásával) elvégezzük az excentricitás állítását a belső excenterhüvely homlokfelületén lévő skála segítségével (az adott konstrukciónál az excentricitás 0.25 mm fokozatokkal állítható 0÷8 mm tartományban),
- ◇ Rögzítjük a kilincset és reteszeltjük a kilincs tengelyt elfordulás ellen,
- ◇ Az oldással ellentétes módon behúzzuk a belső excenterhüvelyt. Kivesszük az excenter állító csapot, visszahelyezzük a hajtóműfedél plexi ablakát.
- ◇ Gondosan kitisztítjuk a főorsó belső kúpját és behelyezzük az excentricitás ellenőrző tüskét. Az excentricitás ellenőrzés tokmányba fogott és felsimított hengeres tüskén is elvégezhető,
- ◇ A hosszán hátsó síkvezetékére felhelyezzük a mágneses mérőóra állványt. A mérőórába síktapintót helyezünk el. A radiális ütés mérésével ellenőrizzük az excentricitást (19. ábra),
- ◇ Bekapcsoljuk az elektromos főkapcsolót.



18. ábra Excenterhüvelyek oldása



19. ábra Az excentricitás finomállítása illetve ellenőrzése mérőórával

Szegnyereg csúcs excentricitás állítás és szinkronállítás

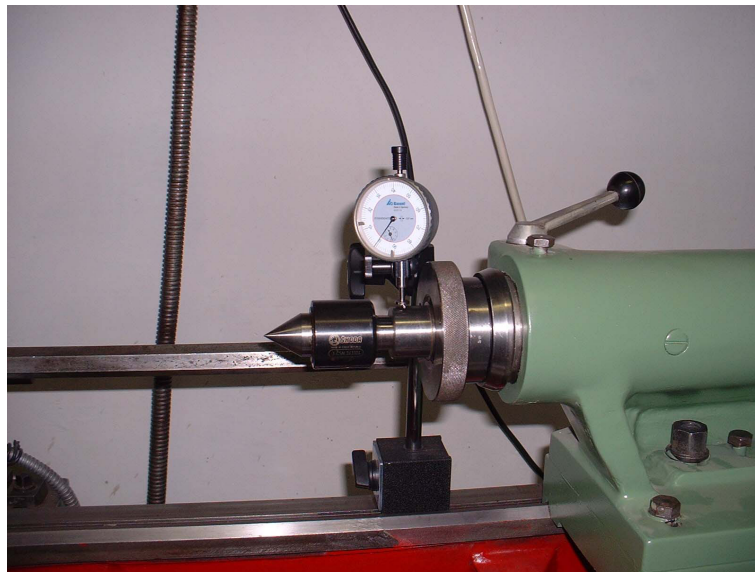
Sokszögfelületek megmunkálásánál csúccsal való támasztás esetén kell elvégezni.

Az állítás menete:

- ◇ Az elektromos főkapcsolót kikapcsoljuk,
- ◇ A szinkrontengelyt a szinkrontengely konzollal (10. ábra) bekapcsoljuk,
- ◇ A főorsót mérőórával magaspontra állítjuk,
- ◇ A szegnyereg kézikerekkel kitoljuk az excentricitás állító egységet a szegnyereg orsóból,
- ◇ A menetes perselyt meglazítjuk és a csúcstartó elemet elfordítjuk skála szerint a kívánt excentricitás eléréséig (20. ábra),
- ◇ Lazán behelyezzük a csúcstartó elemet és az excentricitásállító egységet, visszahelyezzük a szegnyereg orsóba,
- ◇ Mérőórával elvégezzük a csúcs finom excentricitás állítását (21. ábra), véglegesen rögzítjük a helyzetét,
- ◇ Az excenter állító egységet addig forgatjuk a szegnyereg orsóba, míg a mérőóra felső holtpontot mutat (szinkronállítás). Különösen igényes állítás esetén célszerű két mérőórával ellenőrzést végezni. Az egyik mérőórát a főorsóba helyezett mérőtűskére, a másik mérőórát a csúcs hengeres felületére állítjuk. A beállítás helyes: ha a két mérőóra azonos radiális ütést mutat és a holtpontok azonos helyen vannak.
- ◇ Főkapcsolót bekapcsoljuk.



20. ábra A csúcs durva excentricitás állítása

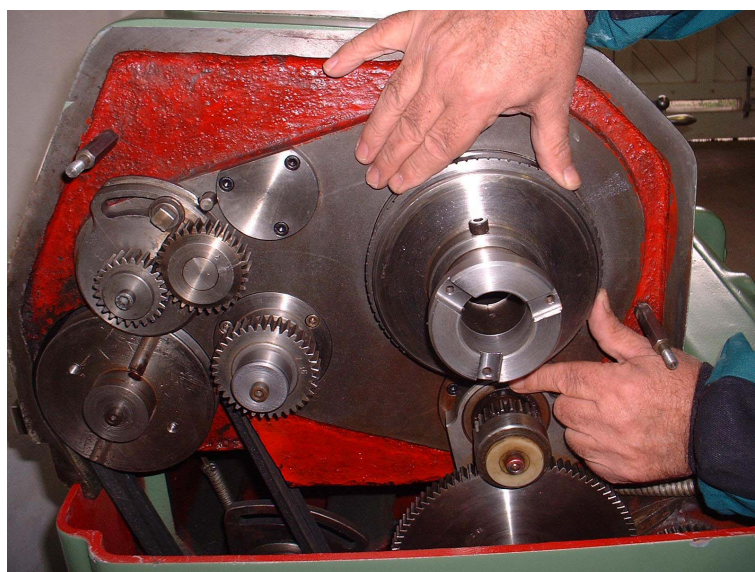


21. ábra A csúcs finom excenricitás állítása és szinkronállítás

4.4. A fékek állítása

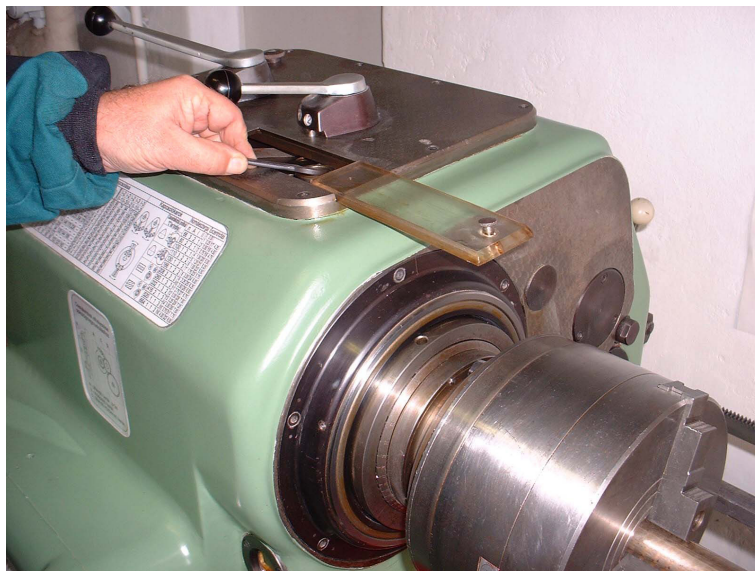
Az esetleges rezgések kiküszöbölése érdekében, sokszögeszterga üzemmódban a kinematikai láncokat (főorsó hajtás, csőtengely hajtás, bolygómű hajtás) elő kell feszíteni.

A főorsó tárcsafék anyával állítható (22. ábra). Normáleszterga üzemmódban a főorsó féket nem kell használni ezért a súrlódó felületeket egymástól eltávolítjuk.



22. ábra A főorsó fék állítása

Az excenter fék a hajtóműfedél jobb oldali plexi ablakának levétele után egy homlokfuratú anyával állítható (23. ábra). Az anya jobbra forgatásával a fékező hatás növekszik.



23. ábra Excenter hüvely fék állítása

4.5. A sokszögeszterga beállítása a kívánt művelet elvégzéséhez

Forgásfelületek megmunkálása:

- ◇ differenciálmű kikapcsolása a **D** kapcsolókarral (12. ábra **11** kar), fogasléc hosszán kapcsolat bontása,
- ◇ „**0**” excentricitás állítása,
- ◇ **C** jelű kapcsolókar „**0**” állásba állítása,
- ◇ a főorsó fék kikapcsolása,
- ◇ **B** jelű kapcsolókar „**0**” állásba állítása. A kapcsolás a csőtengelyt elfordulás ellen mechanikusan biztosítja. Amennyiben csak rövid ideig akarunk forgásfelületet megmunkálni (és utána újra sokszög üzemmódot használunk) nem szükséges „**0**” excentricitás állítás, de ebben az esetben ügyelni kell arra, hogy a csőtengely rögzítése helyes késmagasságot eredményezzen (mellső vagy hátsó holtpont),
- ◇ csúccsal való támasztás esetén a csúcsnak a főorsóval azonos excentricitáson és szinkronban kell állnia. Ebben az esetben már mindenféleképpen célszerű a főorsón és a csúcson is „**0**” excentricitást állítani,
- ◇ főorsó fordulatszám beállítása az **A**, **I.** és **II.** kapcsolókarok segítségével,

- ◇ a továbbiakban a gép állítása és megmunkálás azonosan, mint egyetemes csúcsesztergán.

Egyenes alkotójú sokszögfelületek megmunkálása:

- ◇ differenciálmű kikapcsolása a **D** kapcsolókarral (12. ábra **11** kar), fogasléc hosszán kapcsolat bontása,
- ◇ szükséges főorsó excentricitás beállítása,
- ◇ csúccsal való támasztás esetén a szegnyereg csúcs excentricitás és szinkron állítása,
- ◇ a profilalak (HHE vagy HEE) állítása a **C** kapcsolókarral,
- ◇ a szögszám beállítása az **A** és **B** kapcsolókarokkal táblázat szerint. Amennyiben a szögszám csak cserekerekkel állítható be a kívánt cserekerék felhelyezése és a cserekerekes hajtómű beállítása,
- ◇ A kívánt főorsó fordulatszám beállítása az **I.** és **II.** kapcsolókarokkal,
- ◇ a továbbiakban a gép állítása és megmunkálás hasonlóan, mint egyetemes csúcsesztergán.

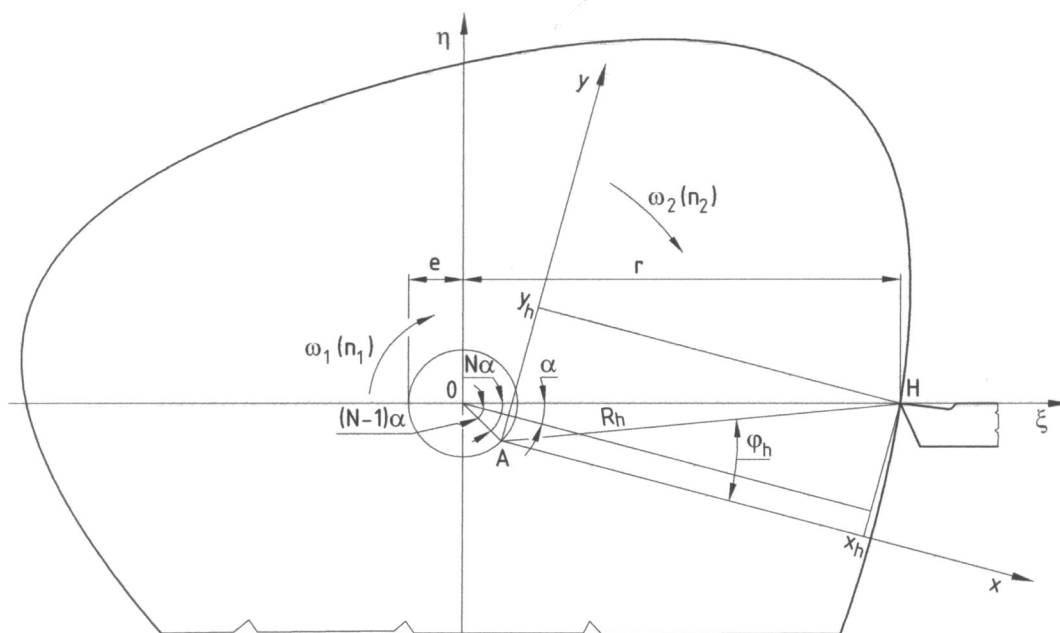
Csavart alkotójú sokszögfelületek megmunkálása

- ◇ szükséges főorsó excentricitás beállítása,
- ◇ csúccsal való támasztás esetén a szegnyereg csúcs excentricitás és szinkron állítása,
- ◇ a fogasléc és a hosszán összekapcsolása (7. ábra).
- ◇ a profilalak (HHE vagy HEE) állítása a **C** kapcsolókarral (**C** kapcsolókar működése csavart alkotó esetén fordítva!),
- ◇ a szögszám beállítása az **A** és **B** kapcsolókarokkal táblázat szerint. Amennyiben a szögszám csak cserekerekkel állítható be a kívánt cserekerék felhelyezése és a cserekerekes hajtómű beállítása,
- ◇ A kívánt főorsó fordulatszám beállítása az **I.** és **II.** kapcsolókarokkal,
- ◇ A fogasléc megfelelő helyzetű kapcsolása (a kívánt hosszán mozgási tartomány és helyzet figyelembevételével) a hosszánál (7. ábra),
- ◇ A differenciálmű bekapcsolása a **D** kar segítségével (12. ábra **11** kar),
- ◇ A kívánt menetemelkedésnek és menetemelkedési iránynak megfelelő cserekerek felhelyezése (14. ábra), a cserekerekes hajtómű bekapcsolása,
- ◇ A csavartalkotójú sokszögfelület megmunkálási ciklusa alatt a kinematikai láncok kapcsolata nem bontható.

5. Munkadarab-mozgatású gép kinematikai modellje

5.1. Hipociklois profilok leképezése

Az alakképzés kinematikai modellje hipociklois profilok esetén a 24. ábrán látható. Ebben az esetben a bolygómozgás két összetevő mozgásának forgásértelme megegyezik. A keringő mozgás tengelyében felvett álló koordináta-rendszerhez (ξ, η) képest a munkadarabhoz kötött x, y koordináta-rendszer bolygó mozgást végez. A szerszámcsőcs – az x, y koordináta-rendszerben – A középpontú hipocikloist ír le.



24. ábra Esztergált hipociklois profilok leképezése

Szögszám:

$$N = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

ahol: ω_1 a forgó mozgás szögsebessége
 ω_2 a keringő mozgás szögsebessége
 n_1 a főorsó fordulatszáma
 n_2 a csőtengely fordulatszáma

A profil paraméteres egyenletrendszere derékszögű koordinátarendszerben:

$$x_h = r \cos \alpha - e \cos(N-1)\alpha$$

$$y_h = r \sin \alpha + e \sin(N-1)\alpha$$

A profil paraméteres egyenletrendszere polárkoordináta rendszerben:

$$R_h = \sqrt{r^2 + e^2 - 2re \cos N\alpha}$$

$$\varphi_h = \arctg \frac{r \sin \alpha + e \sin(N-1)\alpha}{r \cos \alpha - e \cos(N-1)\alpha}$$

A sugár minimuma:

$$R_{h \min} = r - e$$

$$\alpha = 0 + k \frac{2\pi}{N}$$

lapközép

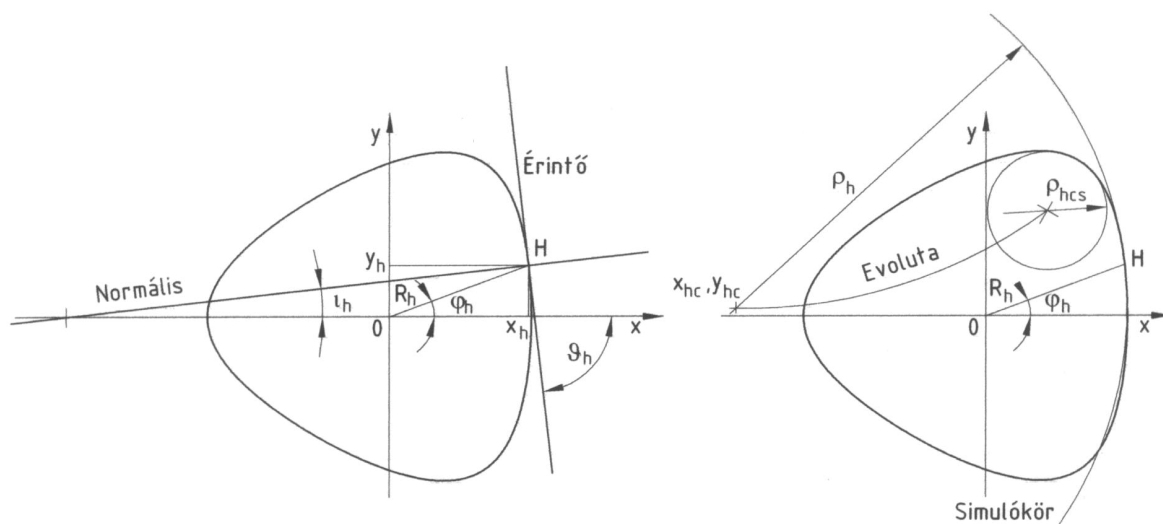
S sugár maximuma:

$$R_{h \max} = r + e$$

$$\alpha = \frac{\pi}{N} + k \frac{2\pi}{N}$$

csúcs

A hipociklois profilok néhány geometriai jellemzője (25. ábra).



25. ábra Geometria jellemzők, hipociklois profil

Az érintő iránytényezője a **H** profilpontban:

$$tg \vartheta_h = \frac{r \cos \alpha + e(N-1) \cos(N-1)\alpha}{-r \sin \alpha + e(N-1) \sin(N-1)\alpha}$$

Az érintő egyenlete a **H** profilpontban:

$$Y_{he} = \frac{r \cos \alpha + e(N-1) \cos(N-1)\alpha}{-r \sin \alpha + e(N-1) \sin(N-1)\alpha} X_{he} - \left\{ \frac{r \cos \alpha + e(N-1) \cos(N-1)\alpha}{-r \sin \alpha + e(N-1) \sin(N-1)\alpha} [r \cos \alpha - e \cos(N-1)\alpha] - [r \sin \alpha + e \sin(N-1)\alpha] \right\}$$

A normális iránytényezője a **H** profilpontban:

$$tg t_h = -\frac{-r \sin \alpha + e(N-1) \sin(N-1)\alpha}{r \cos \alpha + e(N-1) \cos(N-1)\alpha}$$

A normális egyenlete a **H** profilpontban:

$$Y_{hn} = -\frac{-r \sin \alpha + e(N-1) \sin(N-1)\alpha}{r \cos \alpha + e(N-1) \cos(N-1)\alpha} X_{hn} + \left\{ \frac{-r \sin \alpha + e(N-1) \sin(N-1)\alpha}{r \cos \alpha + e(N-1) \cos(N-1)\alpha} [r \cos \alpha - e \cos(N-1)\alpha] + [r \sin \alpha + e \sin(N-1)\alpha] \right\}$$

A görbületi sugár egyenlete hipociklois profiloknál:

$$\rho_h = \frac{[r^2 + e^2(N-1)^2 + 2re(N-1) \cos N\alpha]^{3/2}}{r^2 - e^2(N-1)^3 + re(N-1)(2-N) \cos N\alpha}$$

Görbületi sugár lapközépen ($\alpha = 0$) :

$$\rho_{hlap} = \frac{[r + e(N-1)]^3}{r^2 - e^2(N-1)^3 + re(N-1)(2-N)}$$

Görbületi sugár a csúcson ($\alpha = \frac{\pi}{N}$) :

$$\rho_{hcsúcs} = \frac{[r - e(N-1)]^3}{r^2 - e^2(N-1)^3 - re(N-1)(2-N)}$$

Az evoluta egyenlete hipociklois profiloknál:

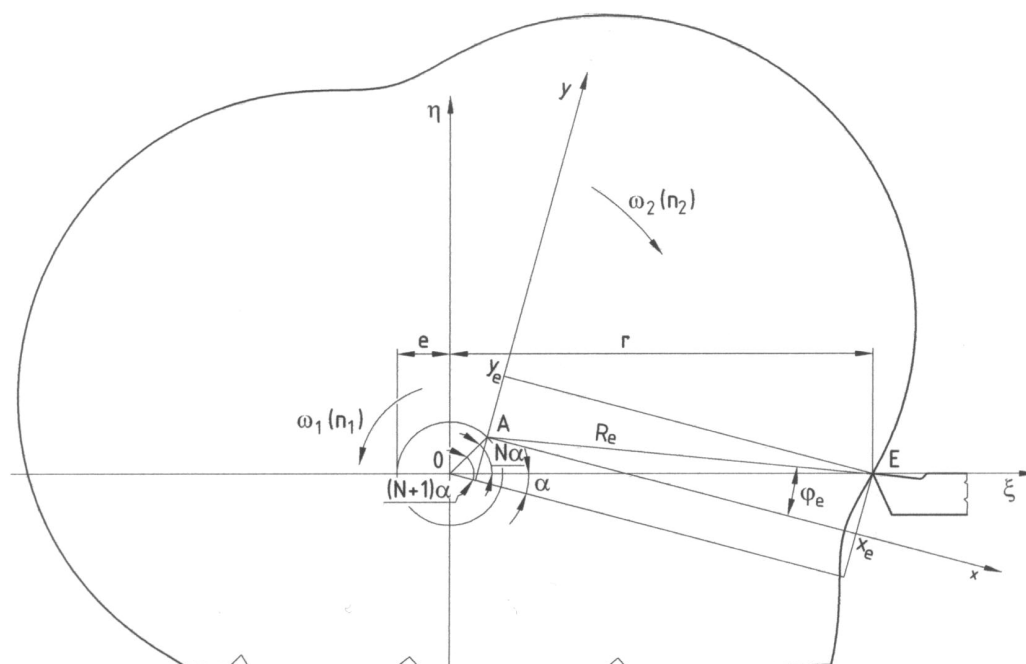
$$x_{hc} = r \cos \alpha - e \cos(N-1)\alpha - \frac{[r \cos \alpha + e(N-1) \cos(N-1)\alpha][r^2 + e^2(N-1)^2 + 2re(N-1) \cos N\alpha]}{r^2 - e^2(N-1)^3 + re(N-1)(2-N) \cos N\alpha}$$

$$y_{hc} = r \sin \alpha + e \sin(N-1)\alpha + \frac{[-r \sin \alpha + e(N-1) \sin(N-1)\alpha][r^2 + e^2(N-1)^2 + 2re(N-1) \cos N\alpha]}{r^2 - e^2(N-1)^3 + re(N-1)(2-N) \cos N\alpha}$$

A szerszámcsúcs a munka-darabmozgatású gépnél azonos forgásértelem esetén (ténylegesen esztergálással előállítható felületek csak az enyhén nyújtott, „egyenes oldalú”, és domború profilok) az r/e viszony függvényében a 28. ábrán látható profilokat ($N=3$, $N=5$, $N=7$ esetén) írhatja le:

5.2. Epiciklois profilok leképzése

Az alakképzés kinematikai modellje epiciklois profilok esetén a 6. ábrán látható. Ebben az esetben a bolygómozgás két összetevő mozgásának forgásértelme ellentétes értelmű. A keringő mozgás tengelyében felvett álló koordinátarendszerhez (ξ, η) képest a munkadarabhoz kötött \mathbf{x}, \mathbf{y} koordinátarendszer bolygó mozgást végez. A szerszámcuscs – az \mathbf{x}, \mathbf{y} koordinátarendszerben – \mathbf{A} középpontú epicikloist ír le.



26.ábra Esztergált epiciklois profilok leképzése

Szögszám:

$$N = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

ahol: ω_1 a forgó mozgás szögsebessége
 ω_2 a keringő mozgás szögsebessége
 n_1 a főorsó fordulatszáma
 n_2 a csőtengely fordulatszáma

A profil paraméteres egyenletrendszere derékszögű koordinátarendszerben:

$$x_e = r \cos \alpha - e \cos(N+1)\alpha$$

$$y_e = r \sin \alpha - e \sin(N+1)\alpha$$

A profil paraméteres egyenletrendszere polárkoordináta rendszerben:

$$R_e = \sqrt{r^2 + e^2 - 2re \cos N\alpha}$$

$$\varphi_e = \arctg \frac{r \sin \alpha - e \sin(N+1)\alpha}{r \cos \alpha - e \cos(N+1)\alpha}$$

A sugár minimuma:

$$R_{e\min} = r - e \quad \alpha = 0 + k \frac{2\pi}{N} \quad \text{lapközép}$$

S sugár maximuma:

$$R_{e\max} = r + e \quad \alpha = \frac{\pi}{N} + k \frac{2\pi}{N} \quad \text{csúcs}$$

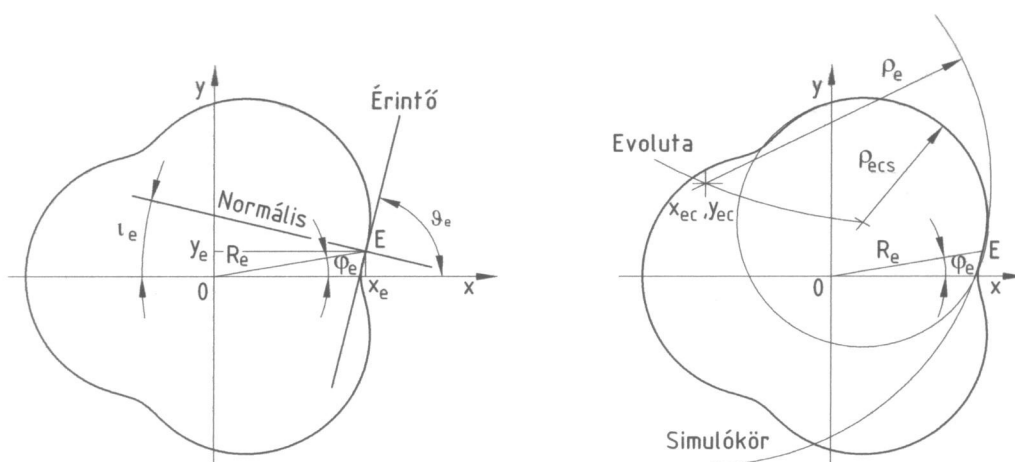
Az epiciklois profilok néhány geometriai jellemzője (27. ábra).

Az érintő iránytényezője az E profilpontban:

$$tg \mathcal{G}_e = \frac{r \cos \alpha - e(N+1) \cos(N+1)\alpha}{-r \sin \alpha + e(N+1) \sin(N+1)\alpha}$$

Az érintő egyenlete az E profilpontban:

$$Y_{ee} = \frac{r \cos \alpha - e(N+1) \cos(N+1)\alpha}{-r \sin \alpha + e(N+1) \sin(N+1)\alpha} X_{ee} - \left\{ \frac{r \cos \alpha - e(N+1) \cos(N+1)\alpha}{-r \sin \alpha + e(N+1) \sin(N+1)\alpha} [r \cos \alpha - e \cos(N+1)\alpha] - [r \sin \alpha - e \sin(N+1)\alpha] \right\}$$



27. ábra Geometriai jellemzők, epiciklois profil

A normális irányítványozója a **E** profilpontban:

$$\operatorname{tg} \tau_e = -\frac{-r \sin \alpha + e(N+1) \sin(N+1)\alpha}{r \cos \alpha - e(N+1) \cos(N+1)\alpha}$$

A normális egyenlete az **E** profilpontban:

$$Y_{en} = -\frac{-r \sin \alpha + e(N+1) \sin(N+1)\alpha}{r \cos \alpha - e(N+1) \cos(N+1)\alpha} X_{en} + \left\{ \frac{-r \sin \alpha + e(N+1) \sin(N+1)\alpha}{r \cos \alpha - e(N+1) \cos(N+1)\alpha} [r \cos \alpha - e \cos(N+1)\alpha] + [r \sin \alpha - e \sin(N+1)\alpha] \right\}$$

A görbületi sugár egyenlete epiciklois profiloknál:

$$\rho_e = \frac{[r^2 + e^2(N+1)^2 - 2re(N+1) \cos N\alpha]^{3/2}}{r^2 + e^2(N+1)^3 - re(N+1)(N+2) \cos N\alpha}$$

Görbületi sugár lapközépen ($\alpha = 0$):

$$\rho_{elap} = \frac{[r - e(N+1)]^3}{r^2 + e^2(N+1)^3 + re(N+1)(N+2)}$$

Görbületi sugár a csúcson ($\alpha = \frac{\pi}{N}$):

$$\rho_{\text{ecsúcs}} = \frac{[r - e(N+1)]^3}{r^2 + e^2(N+1)^3 + re(N+1)(N+2)}$$

Az evoluta egyenlete epiciklois profiloknál:

$$x_{ec} = r \cos \alpha - e \cos(N+1)\alpha - \frac{[r \cos \alpha - e(N+1) \cos(N+1)\alpha][r^2 + e^2(N+1)^2 - 2re(N+1) \cos N\alpha]}{r^2 + e^2(N+1)^3 - re(N+1)(N+2) \cos N\alpha}$$

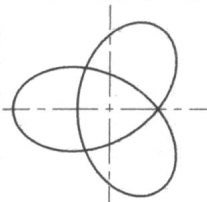
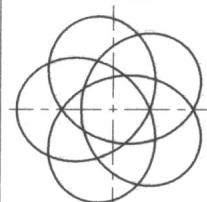
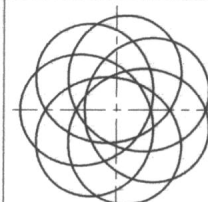
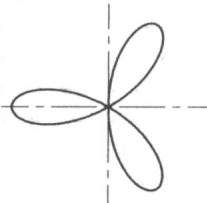
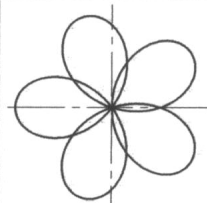
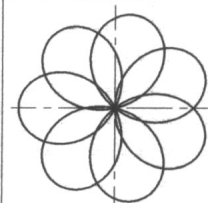
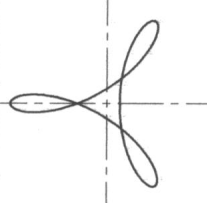
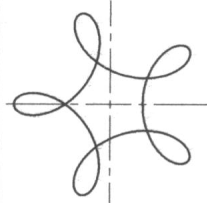
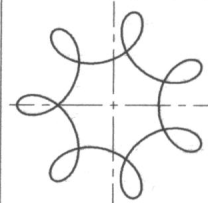
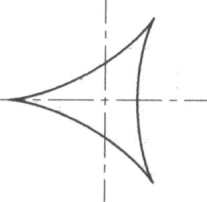
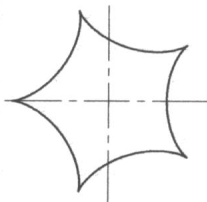
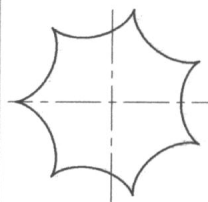
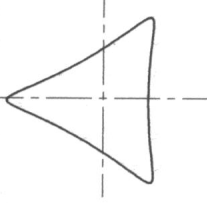
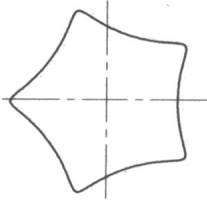
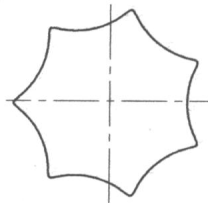
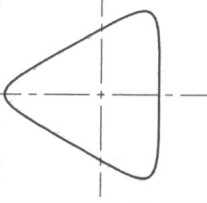
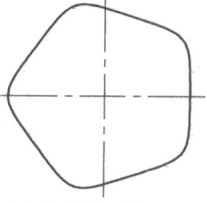
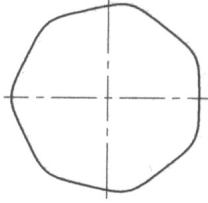
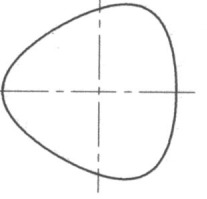
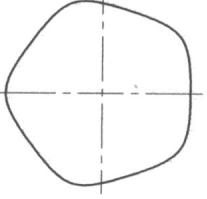
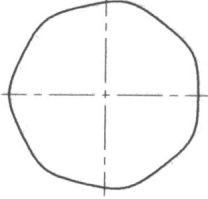
$$y_{hc} = r \sin \alpha - e \sin(N+1)\alpha + \frac{[-r \sin \alpha + e(N+1) \sin(N+1)\alpha][r^2 + e^2(N+1)^2 - 2re(N+1) \cos N\alpha]}{r^2 - e^2(N+1)^3 - re(N+1)(N+2) \cos N\alpha}$$

A szerszámcsúcs a munka-darabmozgatású gépnél ellentétes forgásértelmezés esetén (ténylegesen esztergálással előállítható felületek csak a nyújtott, „egyenes oldalú”, és domború profilok) az r/e viszony függvényében a 29. ábrán látható profilokat ($N=3$, $N=5$, $N=7$ esetén) írhatja le:

Látható, hogy a profilok geometriai ábrázolása (rajzolása) hagyományos módon csak jelképesen oldható meg, illetve a számítások is számológéppel nagyon körülményesen végezhetők el. A nagyteljesítményű számítógépek megfelelő intelligens szoftverek [3., 4.] alkalmazásával rendkívül gyorsan szolgáltatnak gyakorlatilag minden szükséges adatot grafikai szemléltetéssel.

A HELYGONSOFT'2000 szoftver bemutatása túlságosan nagy terjedelmű lenne, így csak a modulrendszerben felépülő szoftver alapszolgáltatásait egyszerűsítve mutatjuk be a 30. ábrán. A szoftver előnye (más szempontból hátránya), hogy nem CAD rendszer alatt fut. Alkalmazásához Microsoft XXX operációs rendszer elegendő.

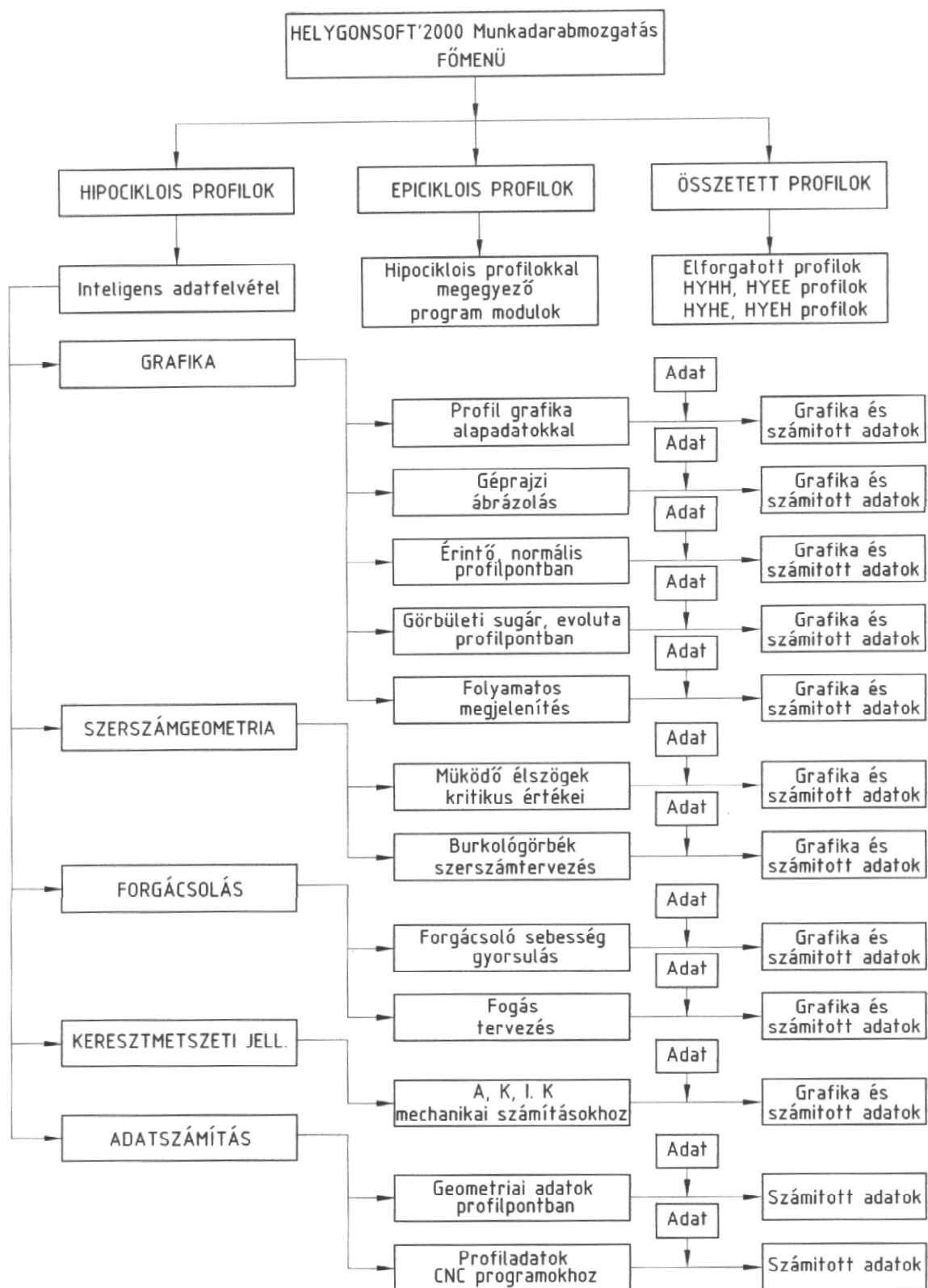
Tervezésnél CAD rendszert használunk ezért AutoCAD szoftver alá, elkészültek az alkalmazást támogató szoftverek VISUÁL LISP forrásnyelven. Az AutoCAD alkalmazást felhasználva INVENTOR CAD rendszerben a testmodellezés is megoldott.

$0 < \frac{r}{e} < 1$ Áthurkolt profil			
$\frac{r}{e} = 1$ Lapon hurkolt profil			
$1 < \frac{r}{e} < N-1$ Hurkolt profil			
$\frac{r}{e} < N-1$ Csúcsos $(\rho_{csúcs} = 0)$ profil			
$N-1 < \frac{r}{e} < (N-1)^2$ Homorú oldalú nyújtott profil			
$\frac{r}{e} < (N-1)^2$ Egyenes oldalú $(\rho_{lap} = \infty)$ nyújtott profil			
$(N-1)^2 < \frac{r}{e} < \infty$ Domború oldalú nyújtott profil			

28. ábra A szerszámcsőcs által leírt hipociklois profilok az r/e függvényében

$0 < \frac{r}{e} < 1$ Áthurkolt profil			
$\frac{r}{e} = 1$ Lapon hurkolt profil			
$1 < \frac{r}{e} < N+1$ Hurkolt profil			
$\frac{r}{e} < N+1$ Csúcsos ($\rho_{\text{csúcs}} = 0$) profil			
$N+1 < \frac{r}{e} < (N+1)^2$ Homorú oldalú profil			
$\frac{r}{e} < (N+1)^2$ Egyenes ($\rho_{\text{lap}} = \infty$) profil			
$(N+1)^2 < \frac{r}{e} < \infty$ Domború oldalú profil			

29. ábra A szerszámcső által leírt epiciklois profilok az r/e függvényében



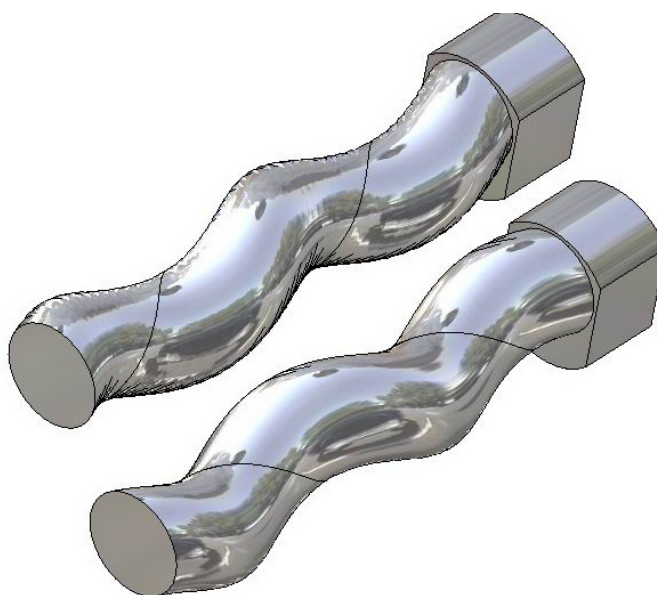
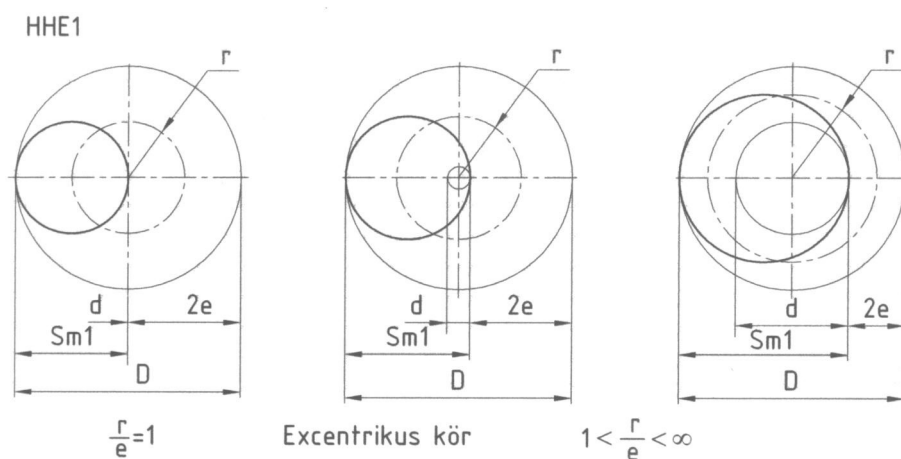
30. ábra HELYGONSOFT'2000 számítógépi szoftver interaktív moduljai.

6. A szerszámgépen megmunkálható felületek

6.1. Hipociklois alapú egyenes és csavartalkotójú felületek

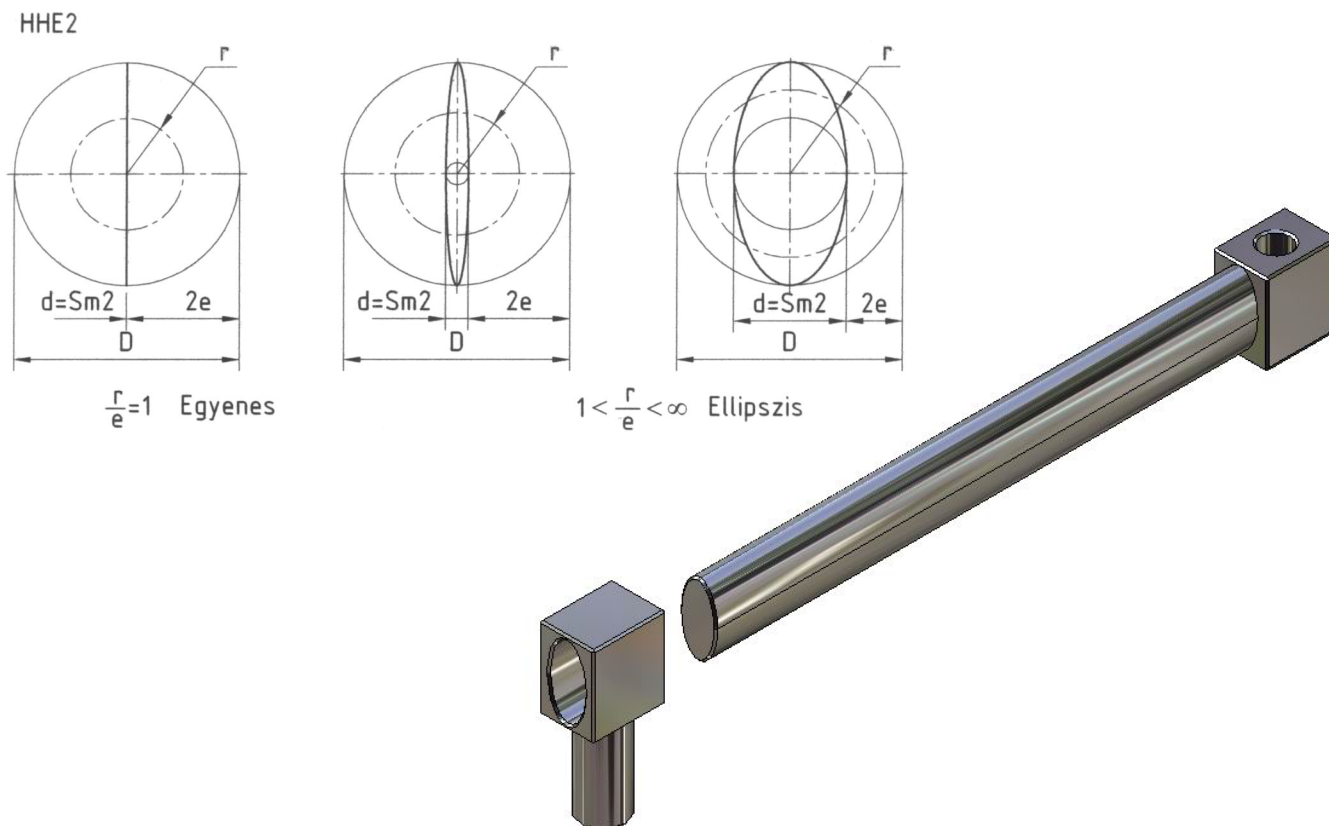
Amennyiben a szögszám $N=1$ profil excentrikus kör (a keringő mozgás tengelyéhez képest). Ha a szerszám előtoló mozgását egy differenciálművön keresztül a szükséges irányban és arányban bekapcsoljuk a főorsó forgásába csavart hipociklois keresztmetszetű felületet kapunk. A menetemelkedés az iránytól függően lehet jobbos vagy balos. A menetemelkedés nagyságát az előtoló mozgás forgó mozgásba történő bevitelének arányával állíthatjuk.

A 31. ábrán HHE1 profilt illetve jobbos és balos csavartalkotójú felületeket láthatunk. A felületeket dekoratív elemeknél, illetve csavarszivattyúk forgórészeként alkalmazzák.

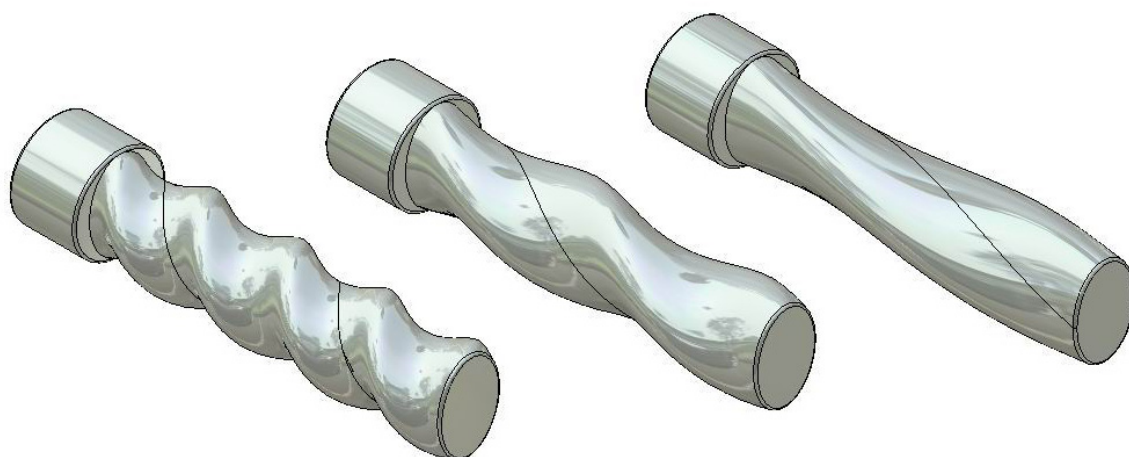


31. ábra HHE1 jobbos és balos csavart profilok

Ha a szögszám $N=2$ a profil „egyenes” vagy ellipszis. A 32. ábrán HHE2 profil látható külső és belső felületen (elliptikus síkvezeték). A 33. ábra különböző menetemelkedésű csavartalkotójú HHE2 profilokat mutat.

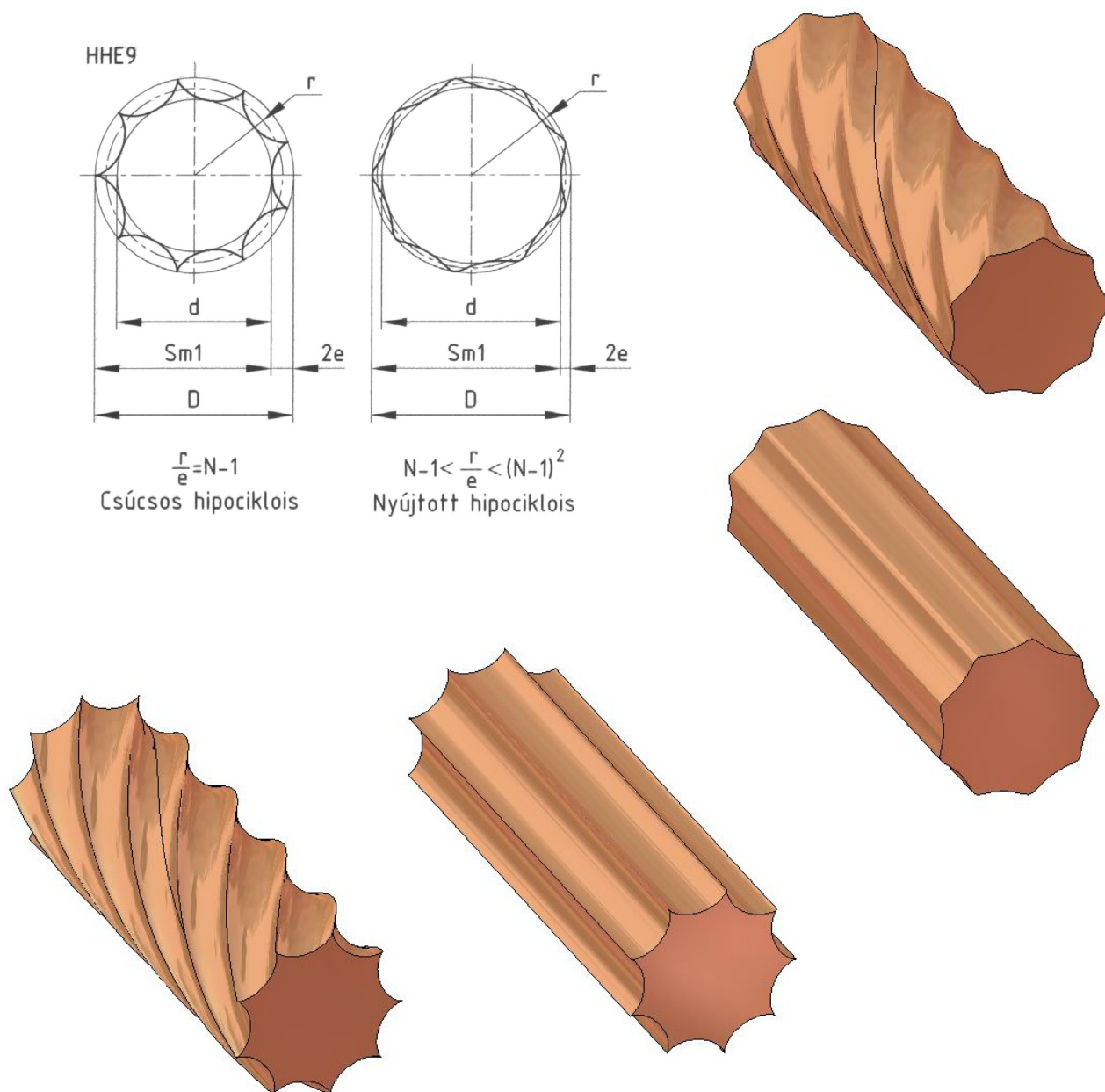


32. ábra Egyenes alkotójú HHE2 profil (elliptikus síkvezeték).

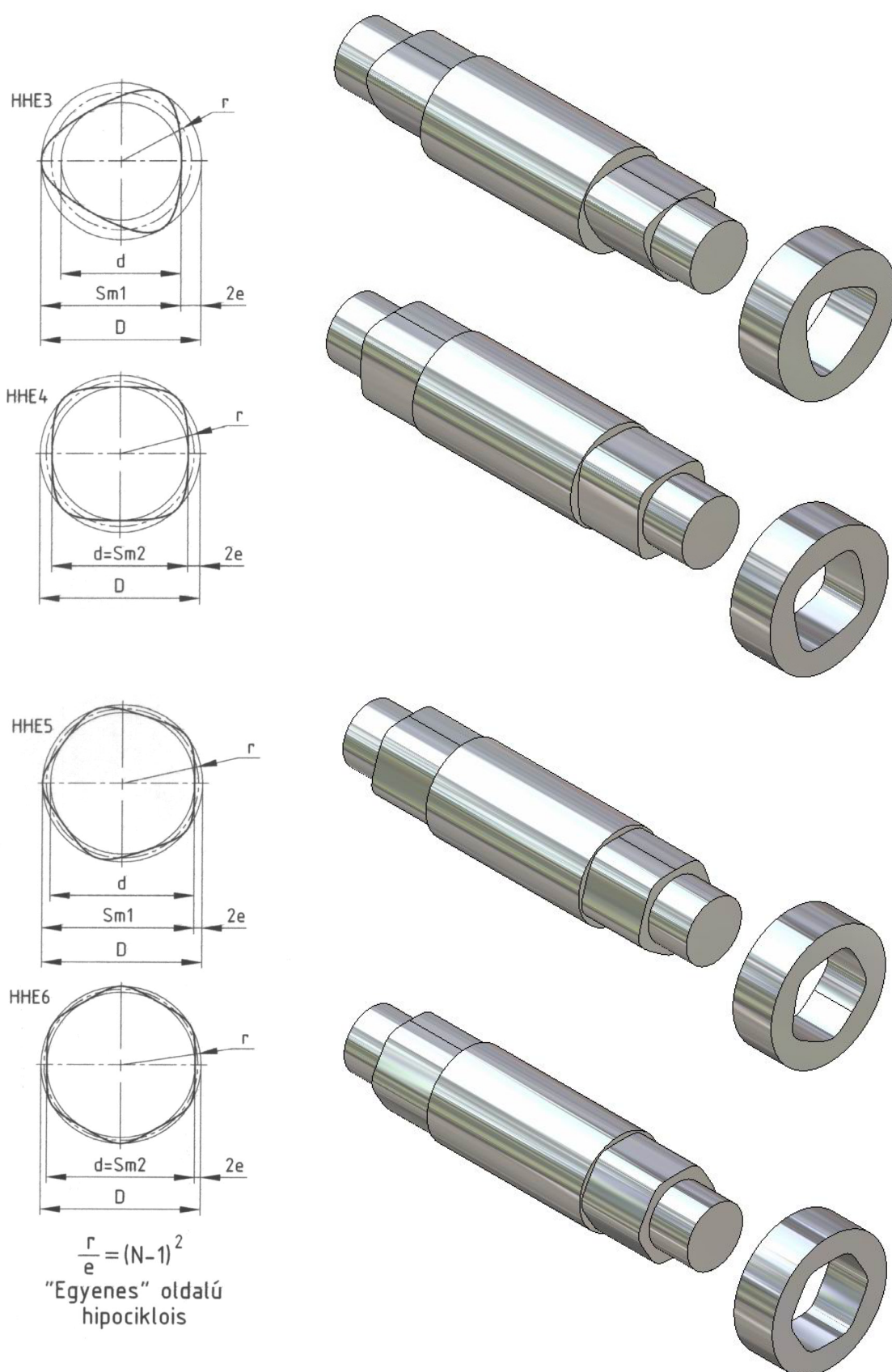


33. ábra Csavart alkotójú HHE2 profilok (különböző menetemelkedés).

Ha a szögszám $N=3+26$ (a szerszámgépen képezhető szögszámok) a profilok hipocikloisok. A munkadarab anyagminőségétől függően (elsősorban nem fémek esetében) a csúcsos és erősen nyújtott profilok is megmunkálhatók, de nyomtérátvitelre csak a kissé homorú „egyenes oldalú” és domború profilok alkalmasak. A 34. ábrán HHE9 csúcsos és nyújtott profilú egyenes és csavart alkotójú felületeket láthatunk. A 35. ábrán HHE3, HHE4, HHE5 és HHE6 domború profilú nyomtérátvitelre alkalmas egyenes alkotójú külső és belső felületeket mutatunk be.



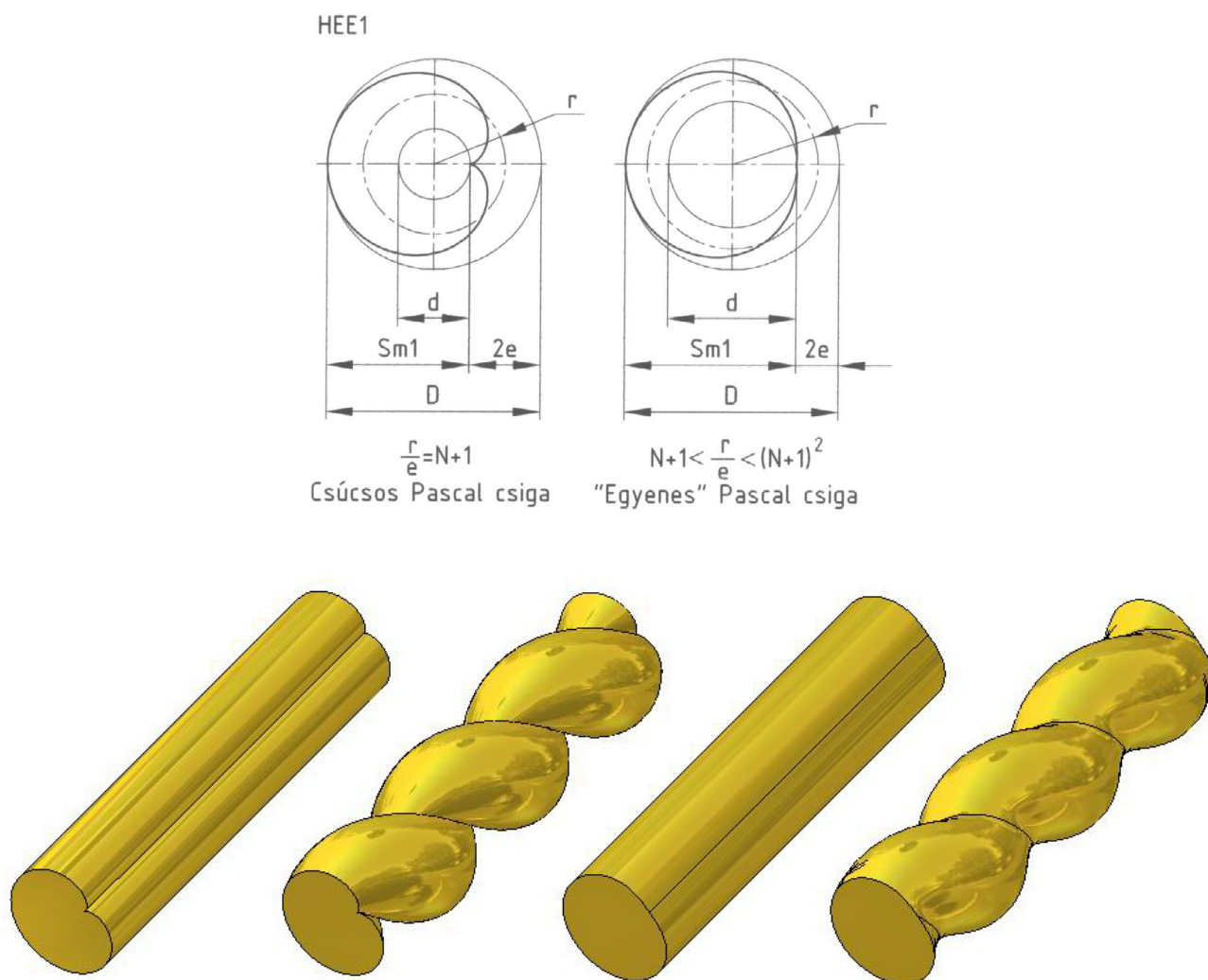
34. ábra HHE9 csúcsos és nyújtott profilú egyenes és csavart alkotójú felületek



35. ábra Nyomatékvitelre alkalmas domború HHE profilú egyenes alkotójú felületek.

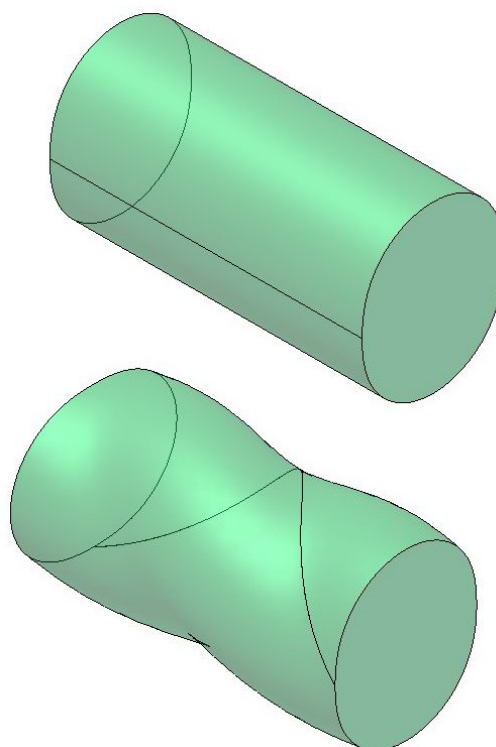
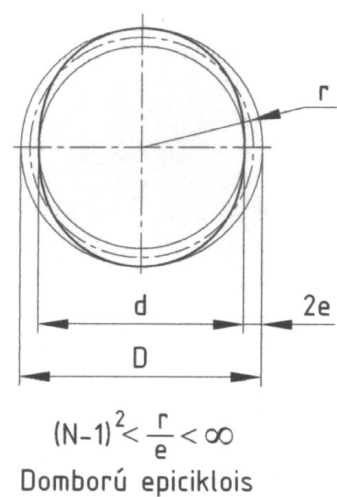
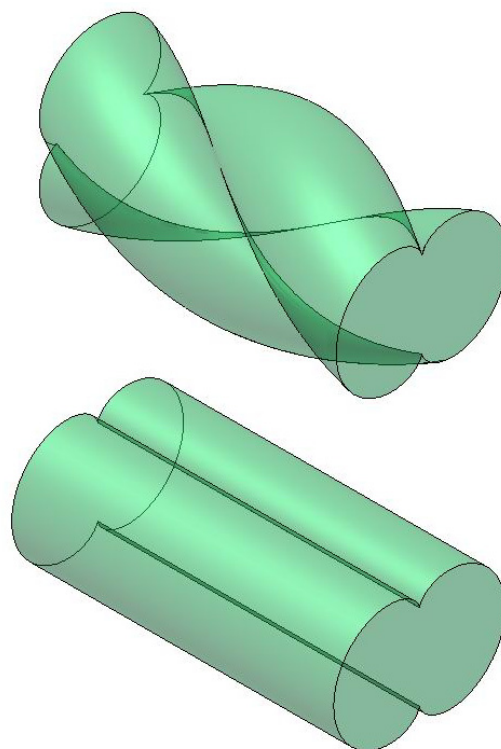
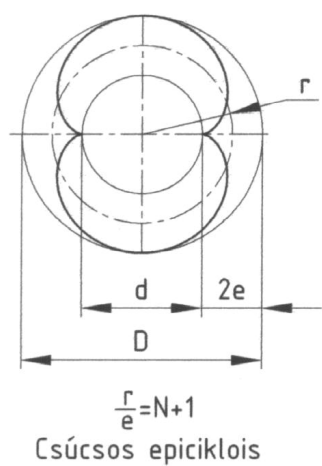
6.2. Epiciklois alapú egyenes és csavartalkotójú felületek

Amennyiben a szögszám $N=1$ profil Pascal-féle csiga ($\rho_{csúcs}=0$ kardioid). A 36. ábrán HEE1 profilokat illetve egyenes és csavart alkotójú felületeket láthatunk.

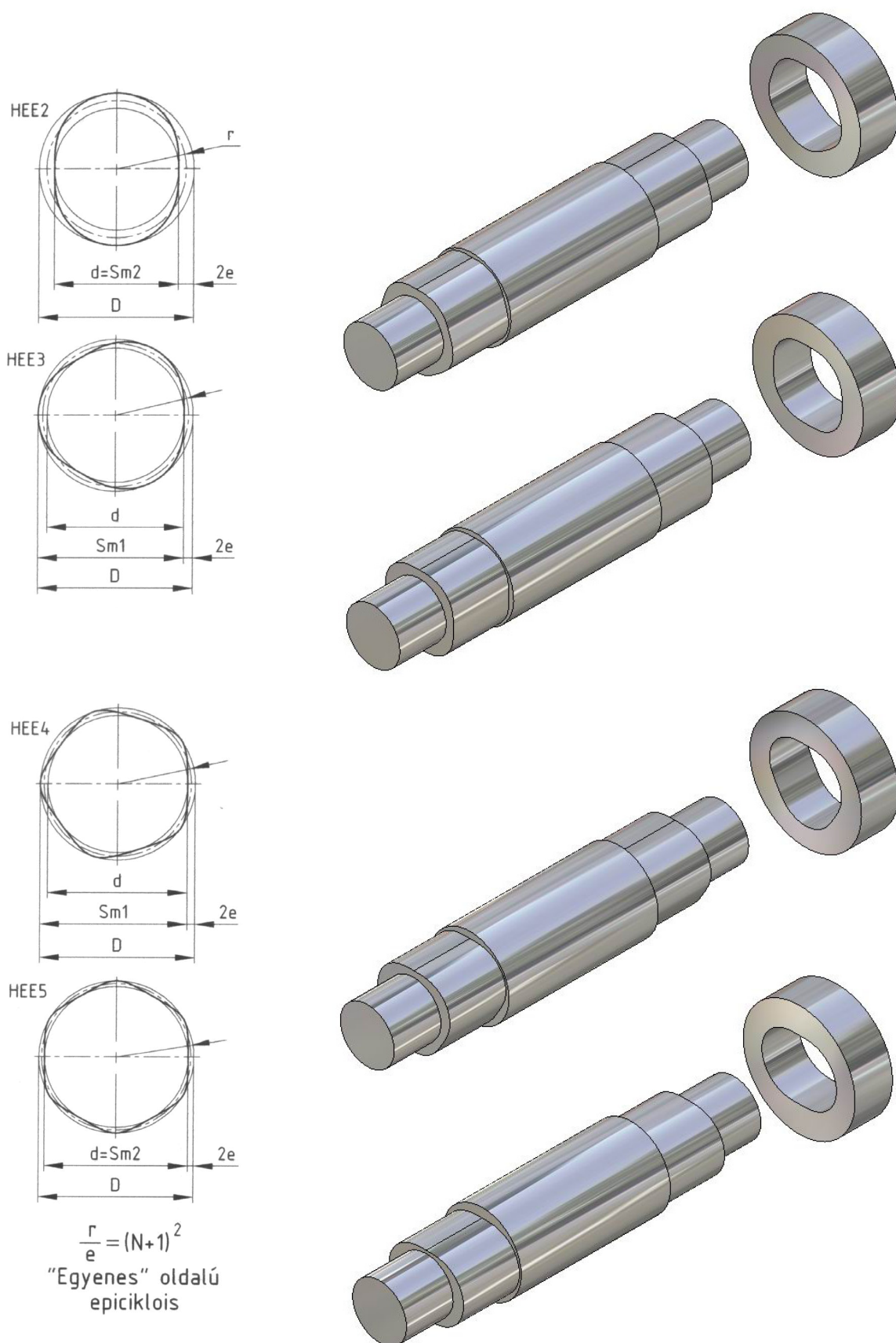


36. ábra HEE1 profilú egyenes és csavart alkotójú felületek

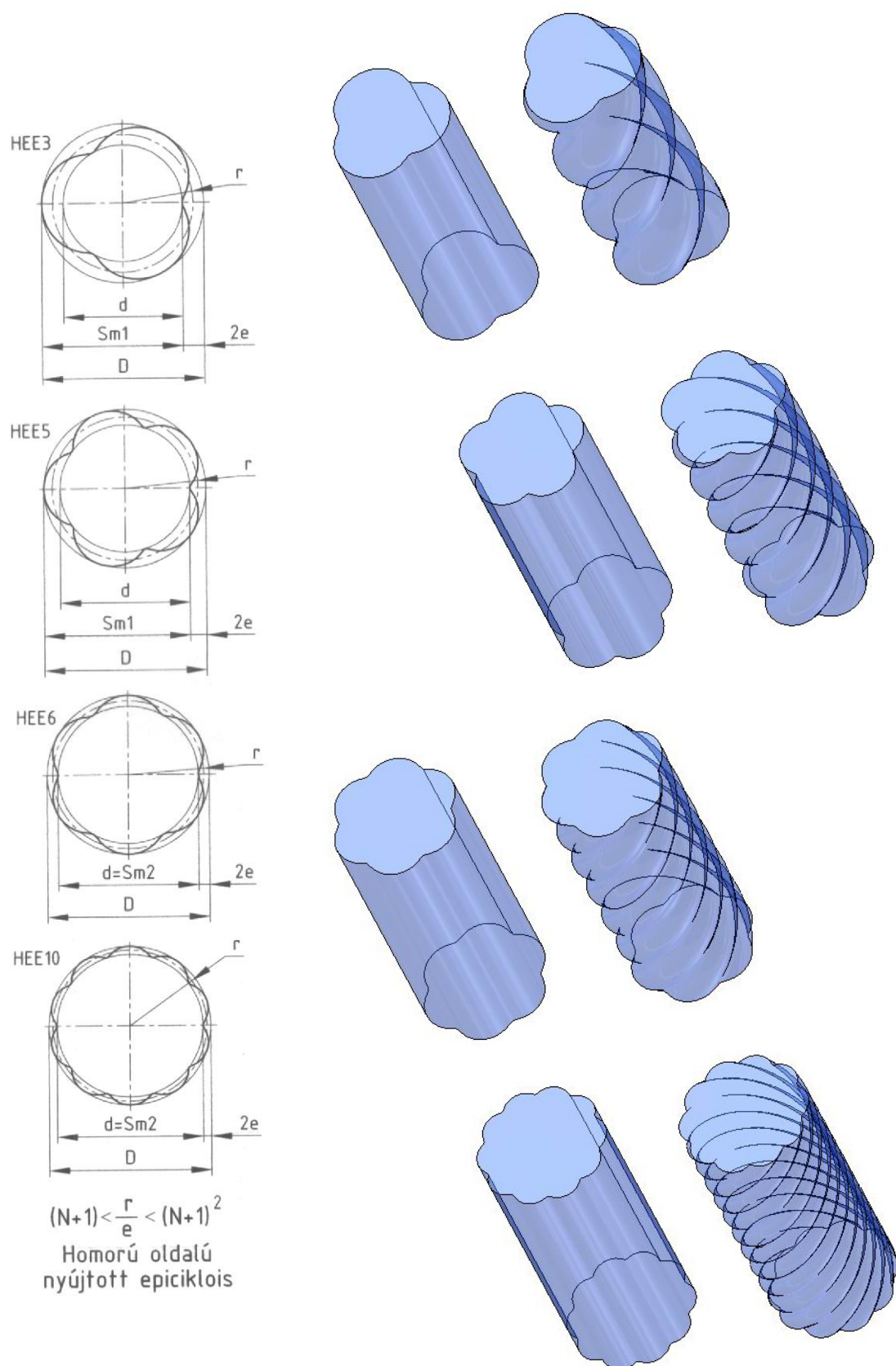
A 37. ábrán HEE2 profilú felületeket, a 38. ábrán nyomatékátvitelre alkalmas HEE profilú felületeket a 39. ábrán különböző szögszámú egyenes és csavart alkotójú HEE profilú felületeket láthatunk.



37. ábra HHE2 profilú egyenes és csavart alkotójú felületek



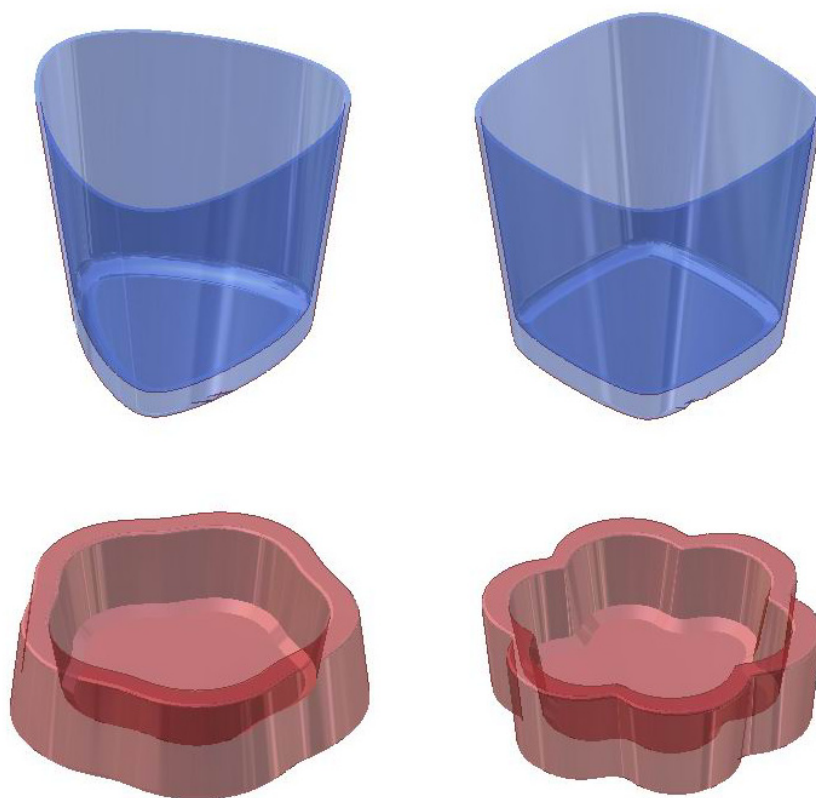
38. ábra Nyomatékátvitelre alkalmas HEE profilú felületek



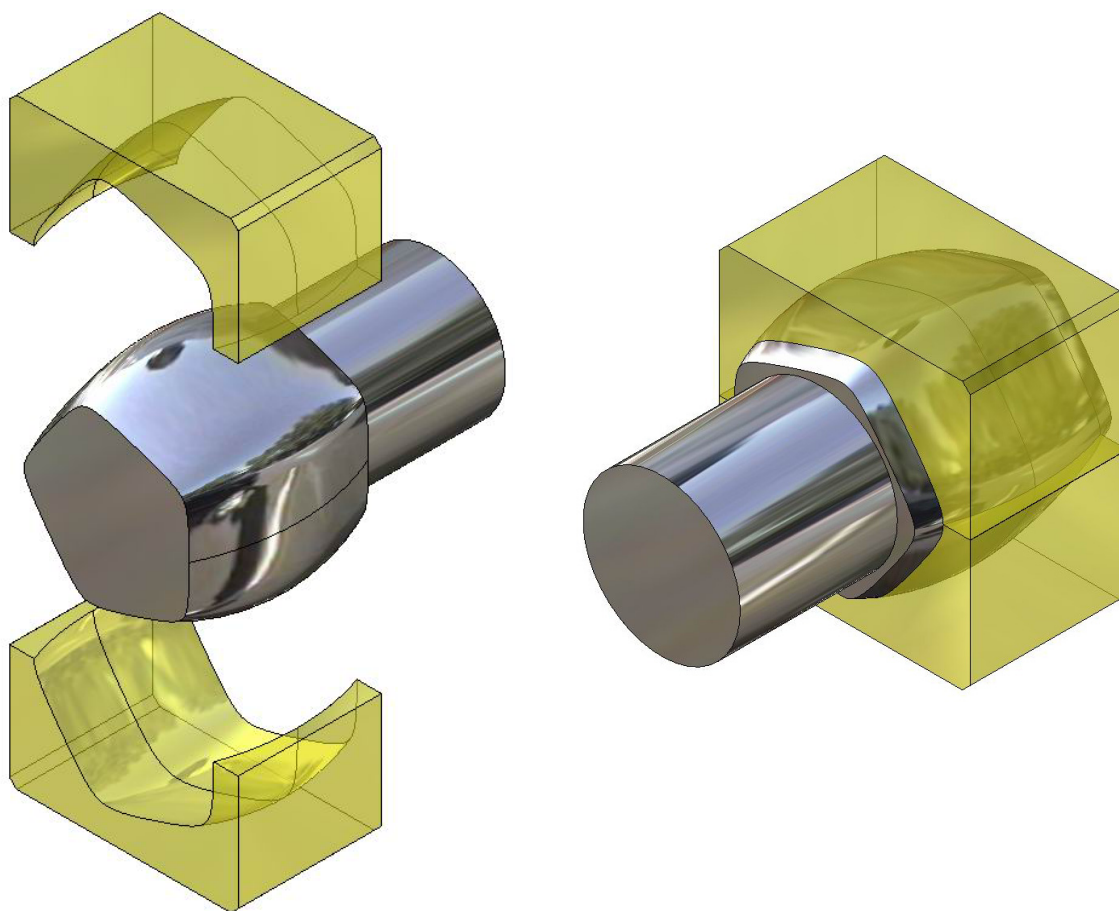
39. ábra Különböző szögszámú HEE profilú egyenes és csavart felületek

6.3. Hipociklos és epiciklois metszetű tetszőleges alkotójú felületek

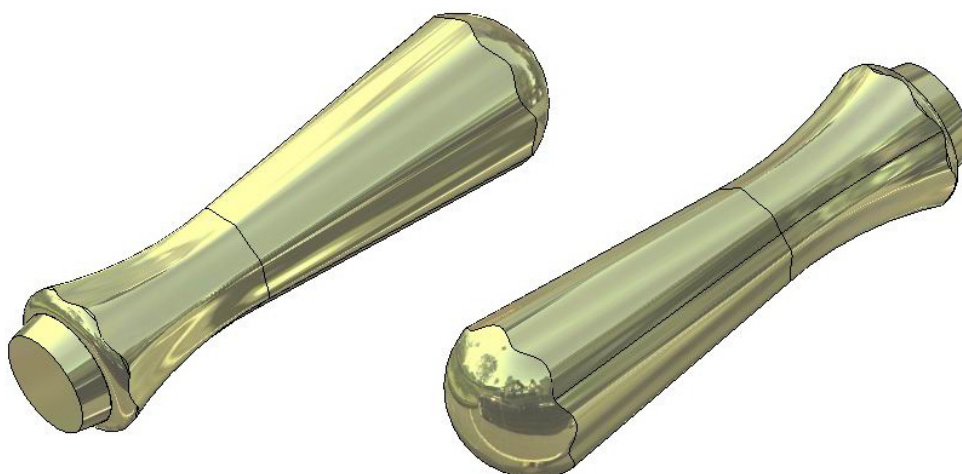
A szerszámgép el van látva kúpvonalzó külön tartozékkal, ezért lehetőség van gépi előtolással kúpfelület megmunkálásra, illetve másoló idomok alkalmazásával a késpálya egyéb síkgörbe is lehet. Mivel ebben az esetben szinte korlátlan lehetőségek vannak HHE és HEE keresztmetszetű felületek létrehozására a továbbiakban csak néhány alapvető példát mutatunk be. A 40. ábrán HHE illetve HEE keresztmetszetű kúpfelületeket láthatunk egyenes alkotóval. A 41. ábrán HHE5 profilú kör alkotójú külső és belső felületeket láthatunk. A 42. ábra tengelymetszetben összetett alkotóval (egyenes és körívek) létrehozott HHE8 keresztmetszetű felületet mutat.



40. ábra HHE és HEE keresztmetszetű egyenes alkotójú kúpfelületek



41. ábra HHE5 domború profilú kör alkotójú külső és belső felületek

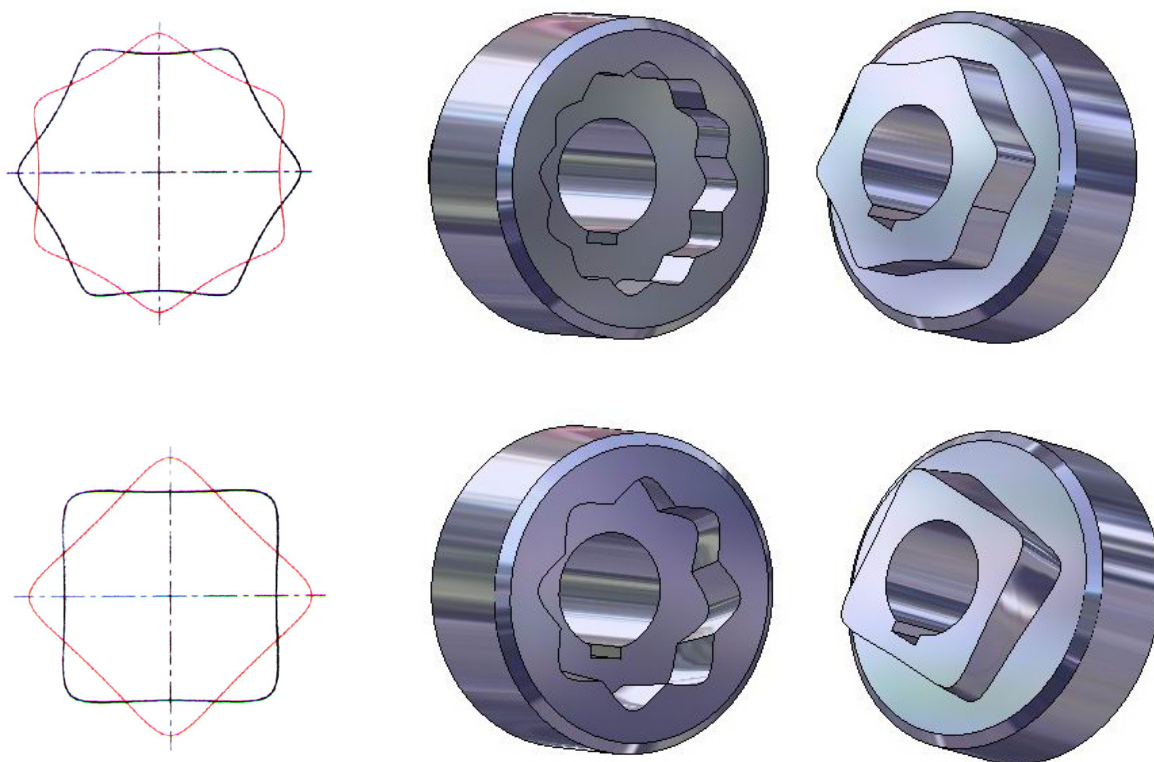


42. ábra Tengelymetszetben összetett alkotójú (egyenes és körívek) HHE8 keresztmetszetű felület

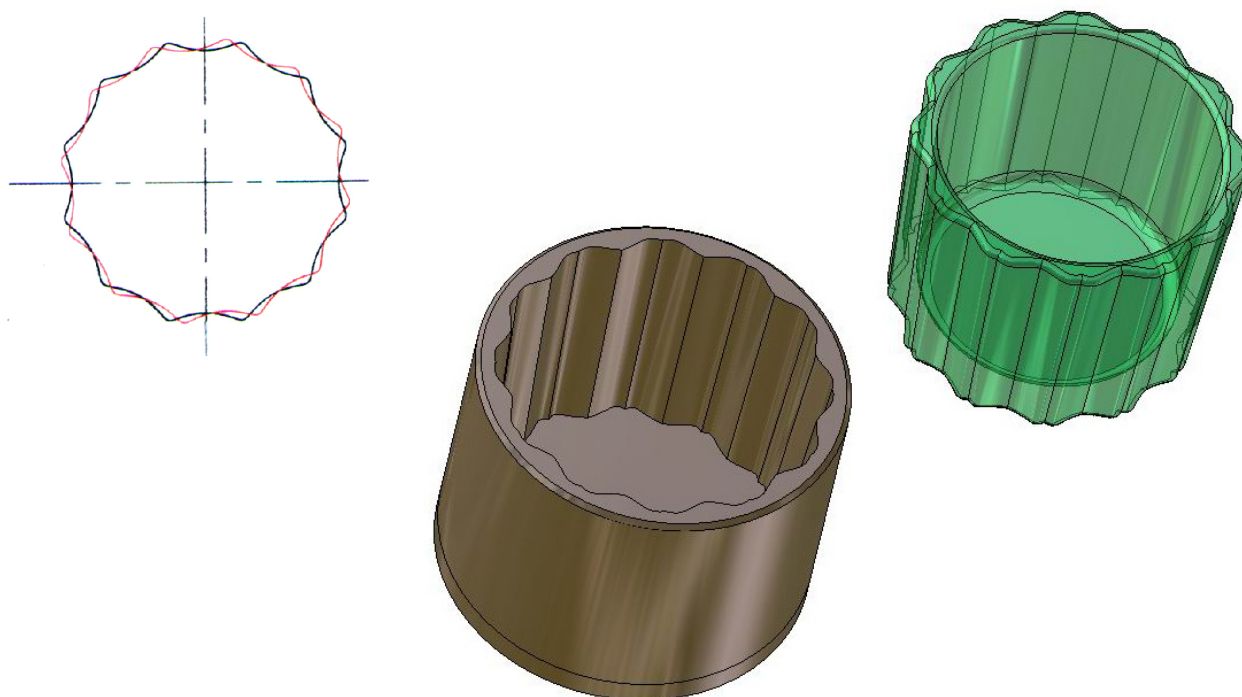
6.4. Összetett felületek

Elforgatott HHE és HEE keresztmetszetű felületek

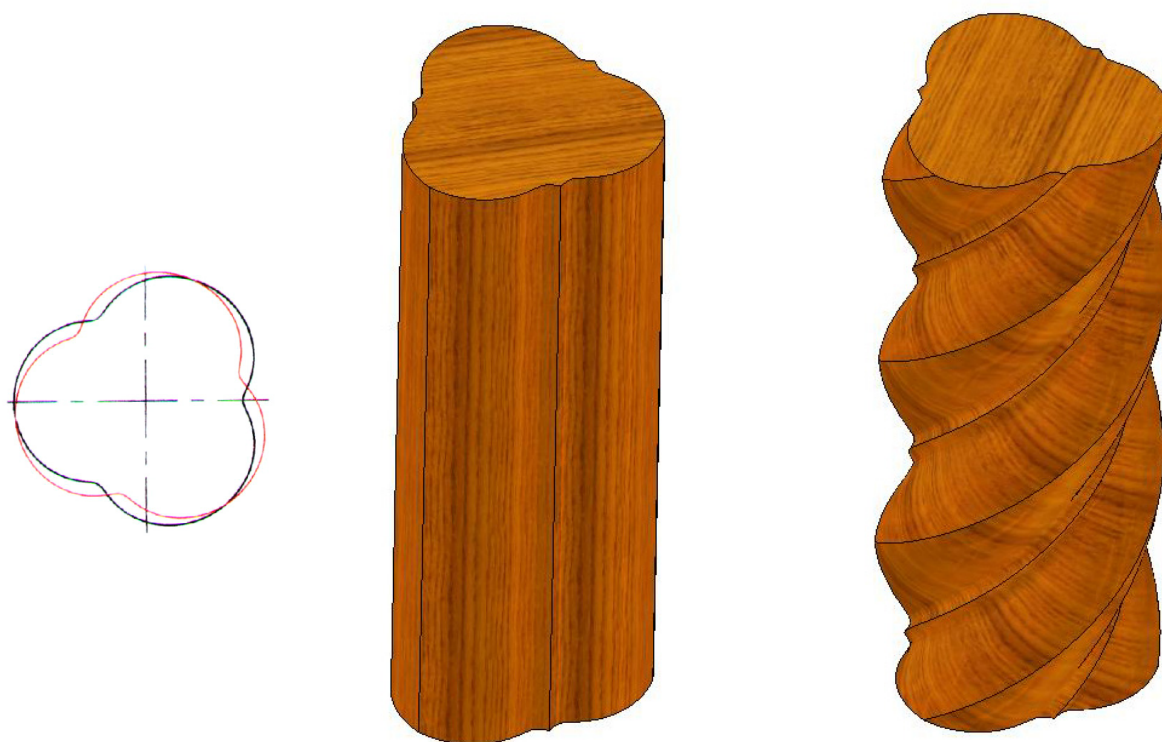
Az E400S sokszögesztergán a tokmányfelfogó tárcsa elforgatható (az elforgatás mértéke skálán leolvasható) a főorsó külső felfogó kúpfelületén majd újra rögzíthető. A megoldás lehetővé teszi -külső- és belső felületen- elforgatott sokszögfelületek létrehozását egyenes vagy csavart felületen tetszőleges alkotóval. Mivel ennél a megoldásnál is szinte korlátlan alakvariációs lehetőség van csak néhány példa bemutatására van lehetőségünk. A 43. ábrán HHE6 profilú felületet láthatunk egyenes alkotóval a belső felületen elforgatva, illetve HHE4 profilú felületet csavart alkotóval a belső felületen elforgatva. A 44. ábra HHE12 profilú felületet mutat asszimmetrikusan elfordítva belső felületen és megmunkálva szerszámformaként. A 46. ábrán HEE3 profilú felületet szimmetrikusan elforgatva láthatunk külső felületen egyenes és csavart alkotóval.



43. ábra Elforgatott összetett HHE6 profilú felület egyenes alkotóval, illetve HHE4 profilú csavartalkotójú felület.



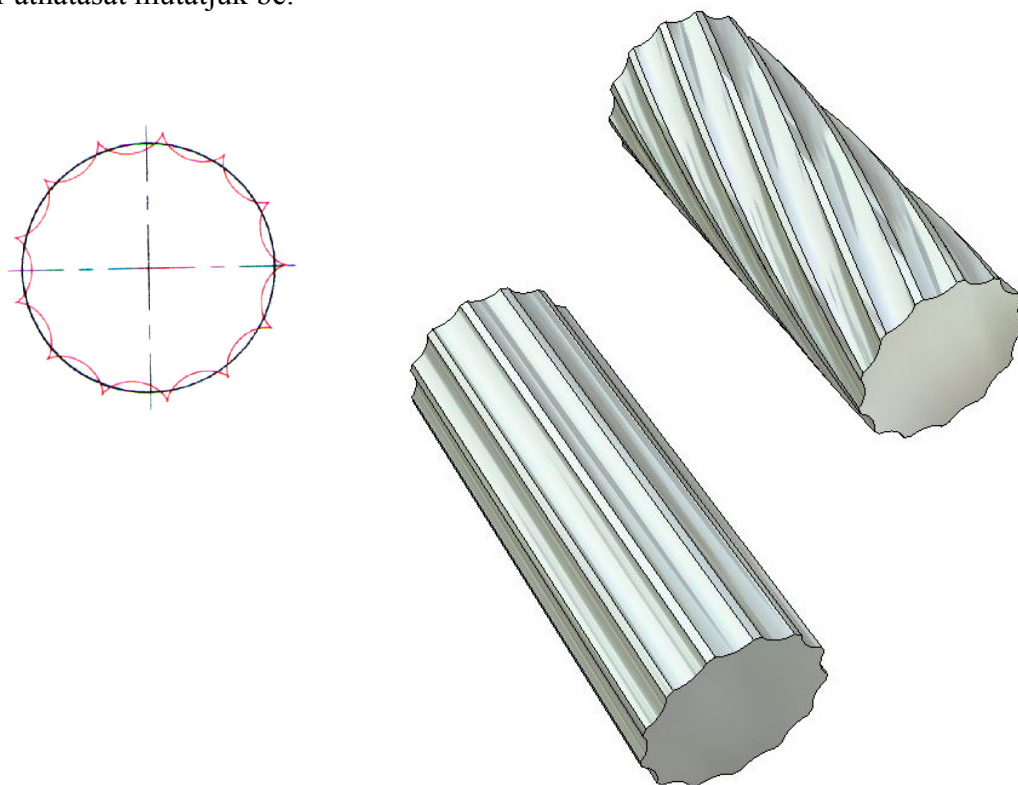
44. ábra Asszimmetrikusan elfordított HHE12 profillal kialakított felületek



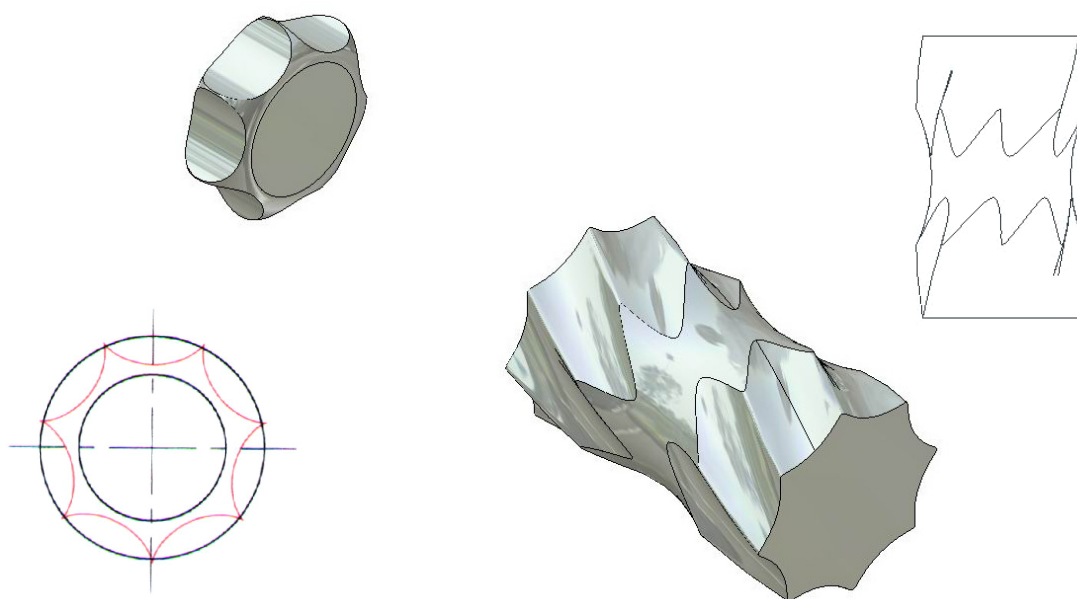
45. ábra Szimmetrikusan elforgatott HEE3 profilú felületek egyenes és csavart alkotóval

Forgásfelületek és helygon felületek áthatása

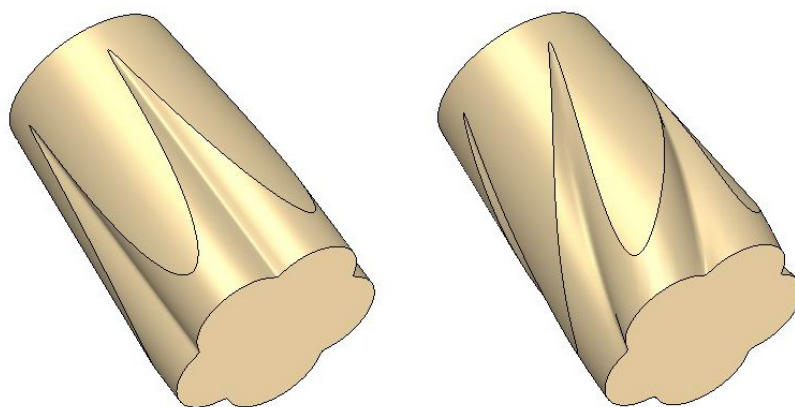
Szemelvényként forgáshenger és HHE keresztmetszetű henger (46. ábra) áthatását, tórusz és HHE keresztmetszetű henger áthatását (47. ábra), valamint forgáskúp és HEE keresztmetszetű henger áthatását mutatjuk be.



46. ábra Forgáshenger és HHE13 profilú egyenes és csavartalkotójú felület éthatása



47. ábra Tórusz és HHE7 egyenes és HHE8 csavartalkotójú felület áthatása

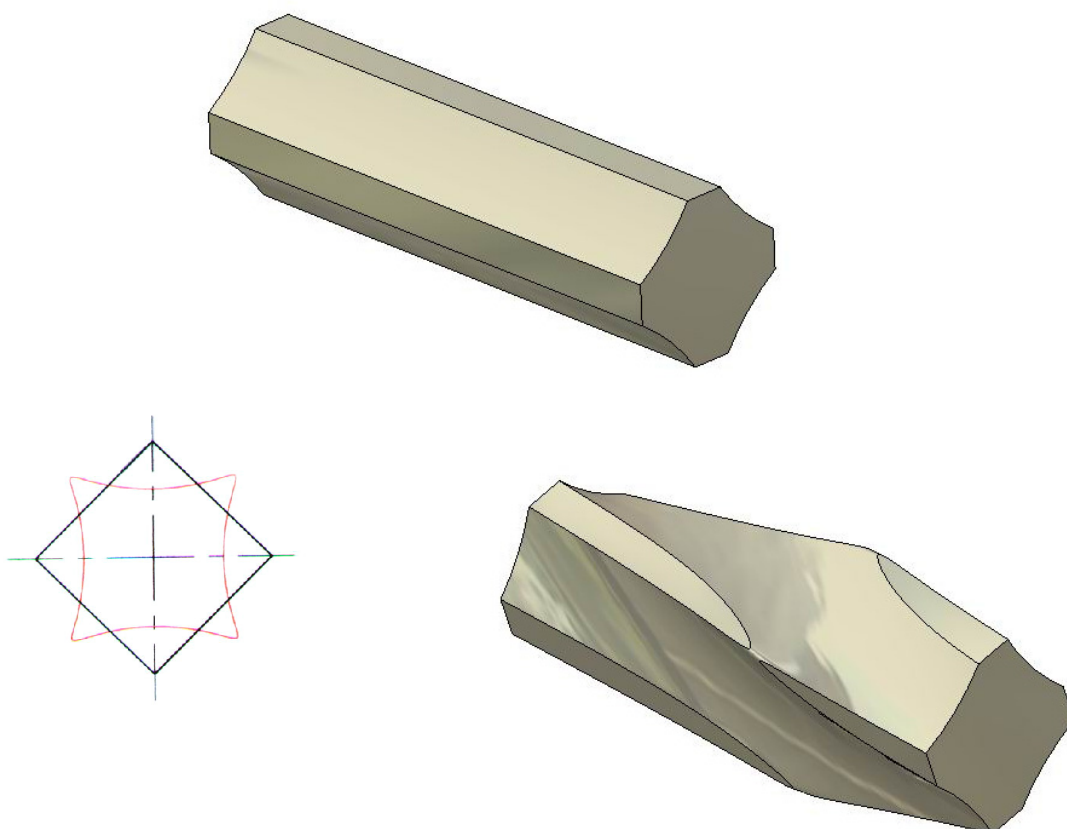


48. ábra Egyenes és csavart alkotójú HEE5 profilú felület és forgáskúp áthatása

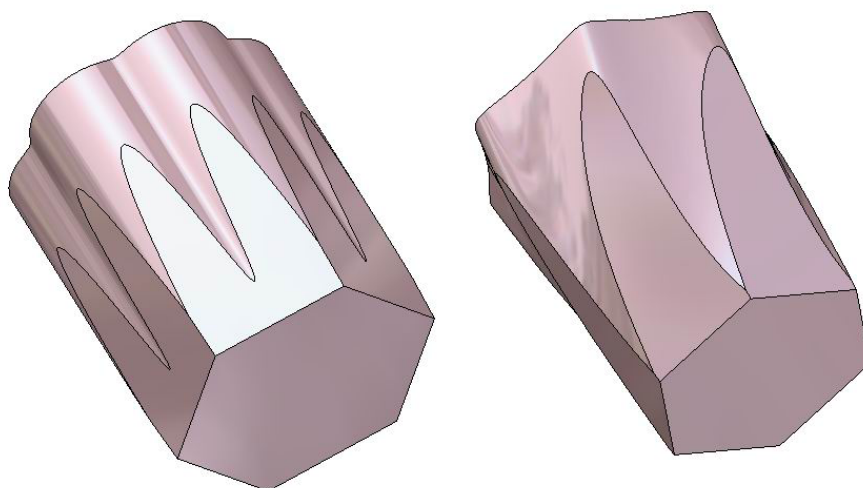
Síkkal határolt felületek és helygon felületek áthatása

Ebben az esetben is csak példa bemutatására van lehetőség, hiszen szinte korlátlan a létrehozható felületek száma. A 49. ábrán HHE egyenes és csavart alkotójú felületek és négyzet alapú hasáb áthatása az 50. ábrán HHE6 profilú egyenes alkotójú felület, illetve HHE6 profilú csavartalkotójú felület és csonka gúla áthatása látható.

Az bemutatott példákból látható, hogy egyetlen matematikai egyenlet felhasználásával - számítógéppel modellezhető új formavilág jött létre, amely a nyomatékátvivő kötésektől, a bolygódugattyús gépekig illetve formatervezésig felhasználható. Tényleges felhasználás esetén a felület, szerkezeti anyag, megkívánt pontosság, felületminőség stb. alapján konkrétan meg kell tervezni az alkalmazható technológiát (mechanizmus, CNC vezérlés, szerszámmozgás, szerszám stb.) és ez alapján dönteni a megfelelő pontosságú és termelékenységgű technológia alkalmazásáról (kifejlesztéséről).



49. ábra HHE4 profilú egyenes és csavart alkotójú felület és négyzet alapú hasáb áthatása

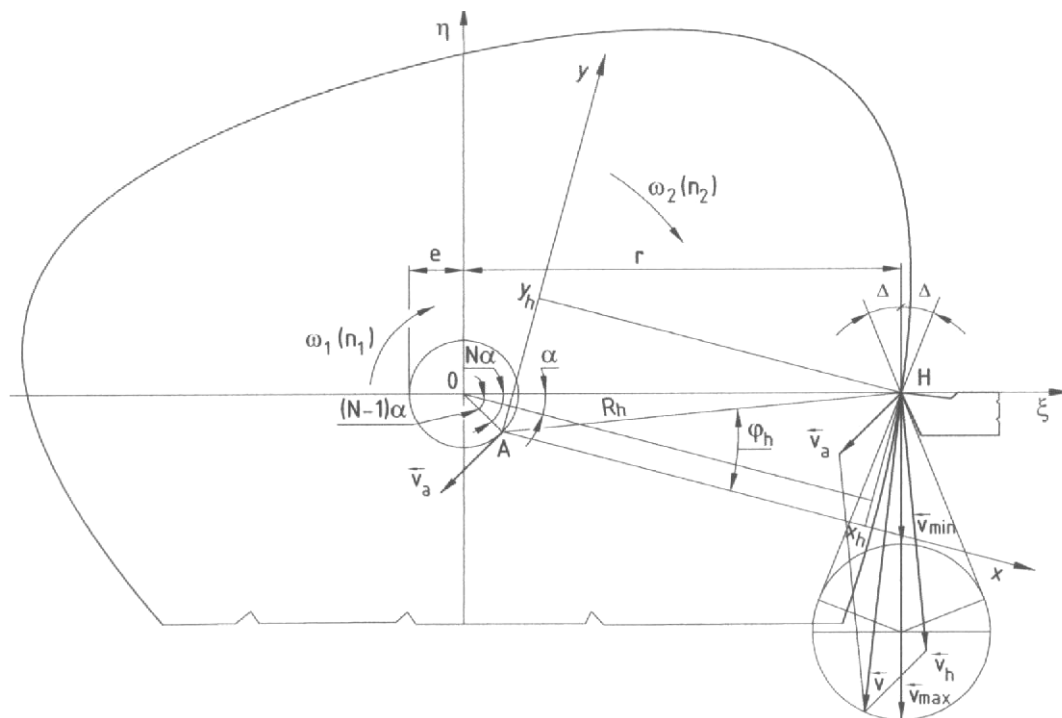


50. ábra HEE6 profilú egyenes alkotójú felület, illetve HHE6 profilú csavartalkotójú felület és csonka gúla áthatása

7. A megmunkálás forgácsolástechnológiai jellemzői

7.1. A forgácsoló sebesség

A forgácsoló sebesség nagysága és iránya ciklusonként ($\alpha = 0 \div \frac{\pi}{N}$) periódikusan változik (részletesen [8]). Az forgácsoló sebességvektor $v_{\max} - v_{\min}$ átmérőjű körpályán jár végig. Hipociklois profilok megmunkálásának kinematikai viszonyait mutatja az 51. ábra.



51. ábra Forgácsoló sebesség munkadarabmozgatású sokszögesztergán HHE profilok megmunkálásánál

A forgácsolósebesség maximuma ($v_{h\max}$, $\alpha=0$):

$$v_{h\max} = \frac{2\pi \cdot n_2}{1000} [r + e(N-1)] \quad , \text{ m/min}$$

A forgácsolósebesség minimuma ($v_{h\min}$, $\alpha = \frac{\pi}{N}$):

$$v_{h\min} = \frac{2\pi \cdot n_2}{1000} [r - e(N-1)] \quad , \text{ m/min}$$

A forgácsolósebesség nagysága tetszőleges profilpontban:

$$v_h = \frac{2\pi \cdot n_2}{1000} \sqrt{r^2 + e^2(N-1)^2 + 2re(N-1)\cos N\alpha}$$

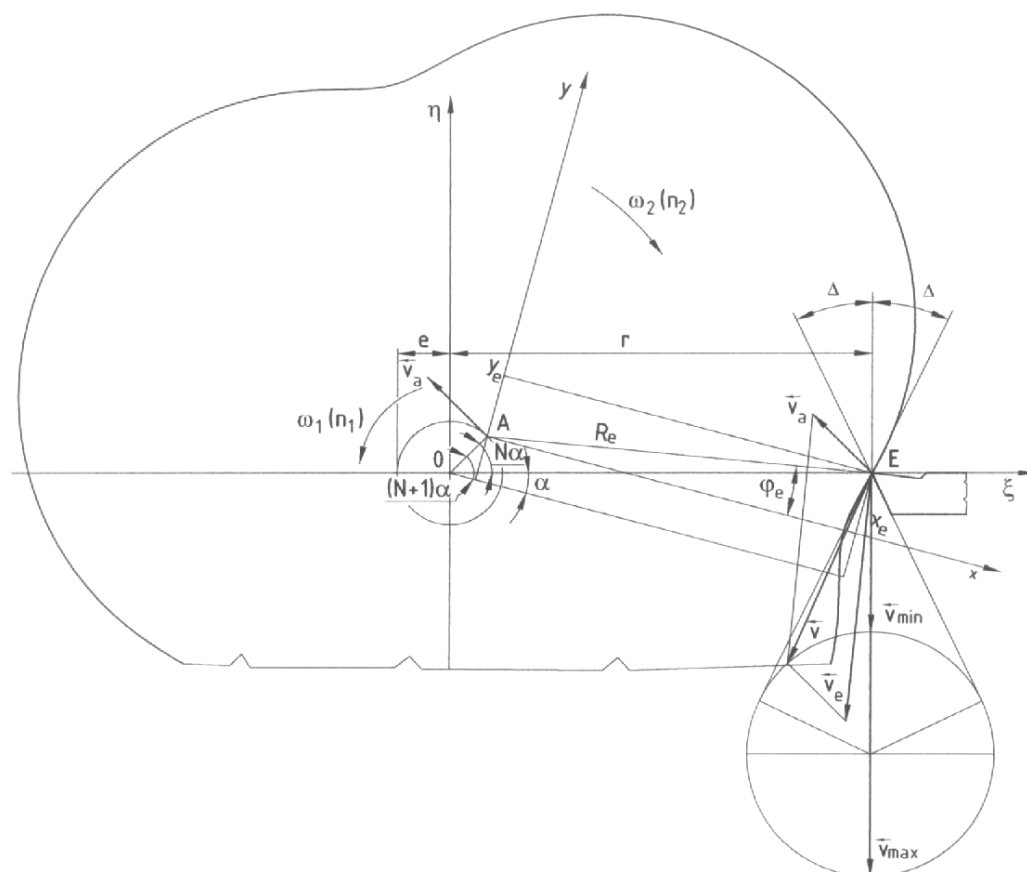
A forgácsolósebesség ingadozása:

$$v_{hing} = \frac{r + e(N-1)}{r - e(N-1)}$$

Közepes forgácsolósebesség:

$$v_{k\ddot{o}z} = r \frac{2\pi \cdot n_2}{1000}$$

Epiciklois profilok megmunkálásának kinematikai viszonyait mutatja az 52. ábra.



52. ábra Forgácsoló sebesség munkadarabmozgatású sokszögestergán HEE profilok megmunkálásánál

A forgácsolósebesség maximuma (v_{\max} , $\alpha = \frac{\pi}{N}$):

$$v_{e \max} = \frac{2\pi \cdot n_2}{1000} [r + e(N + 1)]$$

A forgácsolósebesség minimuma (v_{\min} , $\alpha = 0$):

$$v_{\min} = \frac{2\pi \cdot n_2}{1000} [r - e(N+1)]$$

A forgácsolósebesség nagysága tetszőleges profilpontban:

$$v_e = \frac{2\pi \cdot n_2}{1000} \sqrt{r^2 + e^2(N+1)^2 - 2re(N-1)\cos N\alpha}$$

A forgácsolósebesség ingadozása:

$$v_{\text{ing}} = \frac{r + e(N+1)}{r - e(N+1)}$$

Közepes forgácsolósebesség:

$$v_{\text{köz}} = r \frac{2\pi \cdot n_2}{1000}$$

7.2. Működő élszögek

A változó irányú forgácsoló sebesség ciklikusan változó kinematikai (működő) élszögeket eredményez. A bolygómozgás síkja a működő tengelysík, tehát a működő élszögeket ebben a síkban kell vizsgálni [8]. Előzetesen meg kell jegyezni, mivel az r/e viszony befolyásolja a forgácsoló sebesség irányát ezért:

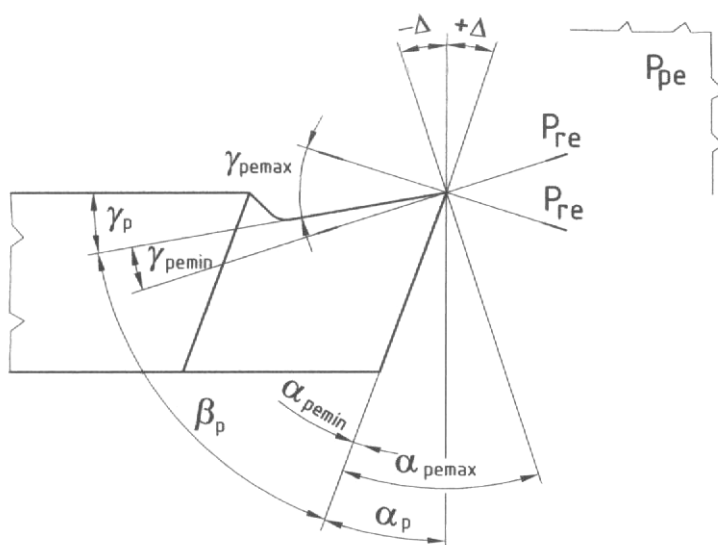
- ◇ külső felületek hosszesztergálásakor a szerszámcsúcson,
- ◇ belső felületek hosszesztergálásakor a fogásban lévő élvonalhossz kilépő pontjában,
- ◇ külső felület beszúrásánál a befejezés pillanatában,
- ◇ belső felület beszúrásánál kezdetekkor kritikusak az élszögek.

Alapfeltétel a forgácsolás szempontjából:

- ◇ a legkedvezőtlenebb profilpontban és a legkedvezőtlenebb főélhelyzetben (pontban) a minimális működő tengelyhomlokszög $\alpha_{\text{pemin}} > 1.5^\circ$,
- ◇ külső felület forgácsolása esetén a szerszám minden pontja a külső burkoló görbén (felületen) kívül essék,
- ◇ belső felület forgácsolása esetén a szerszám minden pontja a belső burkoló görbén (felületen) belül helyezkedjék el.

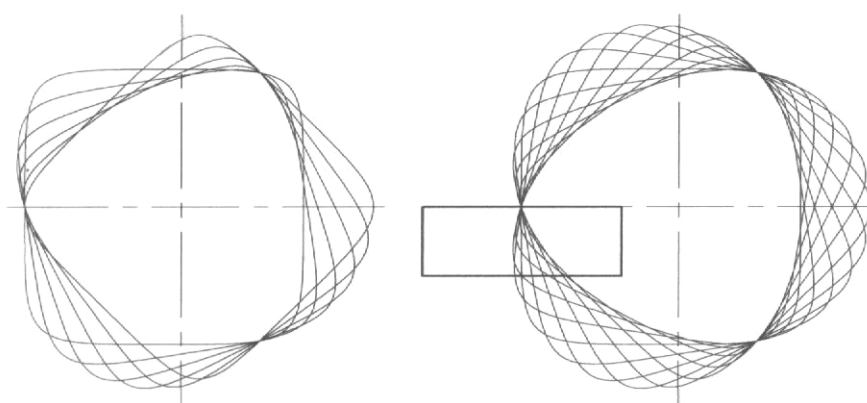
A működő tengelyhomlokszög (γ_{pe}) ingadozás is befolyásolja a forgácsolás körülményeit, a szerszám éltartamot, a forgácsolt felület minőségét, stb., de a forgácsolást nem teszi lehetetlenné.

Az 53. ábra a működő élszögeket mutatja a működő tengelysíkban az egyszerűség kedvéért egy beszúró forgácsolókéssel élpontjában.

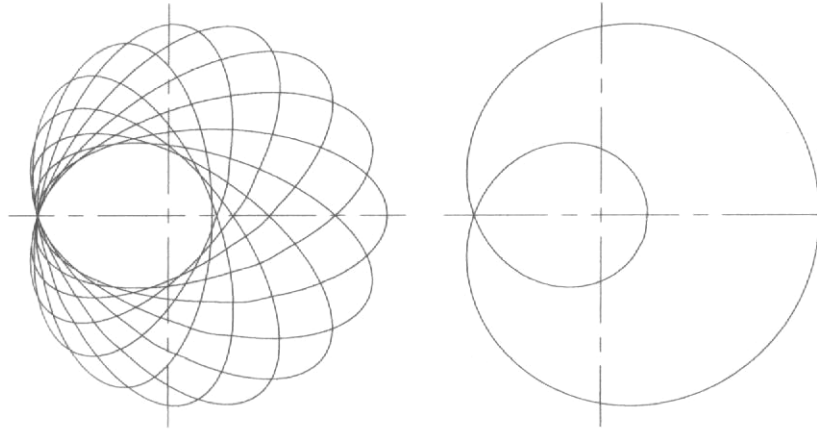


53. ábra Beszúró forgácsolókéssel működő élszögei a működő tengelysíkban

Az 54. ábra HHE4 profil bolygómozgását szemlélteti, és a külső- és belső forgácsolókéssel vett jelképe is látható a vázlaton. A viszonylag nagy lépésekkel mozgatott profil már jól mutatja a külső- és belső burkológörbét, és a szerszám szükséges alakját. Az 55. ábra HHE2 profil esetén mutatja a bolygómozgást végző görbesereget és a burkológörbét.



54. ábra HHE4 profil bolygómozgásának szemléltetése



55. ábra HHE2 profil burkoló görbéje (Pascal csiga)

A Δ szögnek szélsőértéke van ha a sebességvektor a kör érintője (51., 52. ábra). HHE profil esetén:

Belső felület forgácsolásánál a kritikus hátszöghöz tartozó paraméterérték:

$$\alpha_{hfkrit} = \frac{1}{N} \arccos \left[-\frac{e}{r} (N-1) \right]$$

Külső felület forgácsolásánál a kritikus hátszöghöz tartozó paraméterérték:

$$\alpha_{hcskrit} = \frac{\pi}{N} + \left[\frac{\pi}{2} - \alpha_{hfkrit} \right]$$

illetve:

$$\Delta = \arctg \frac{e(N-1) \sin N\alpha_{krit}}{r + e(N-1) \cos N\alpha_{krit}}$$

HEE profil esetén:

HEE belső felület forgácsolásánál a kritikus hátszöghöz tartozó paraméterérték:

$$\alpha_{efkrit} = \frac{1}{N} \arccos \left[\frac{e}{r} (N+1) \right]$$

Külső felület forgácsolásánál a kritikus hátszöghöz tartozó paraméterérték:

$$\alpha_{eckrit} = \frac{\pi}{N} + \left[\frac{\pi}{2} - \alpha_{hfkrit} \right]$$

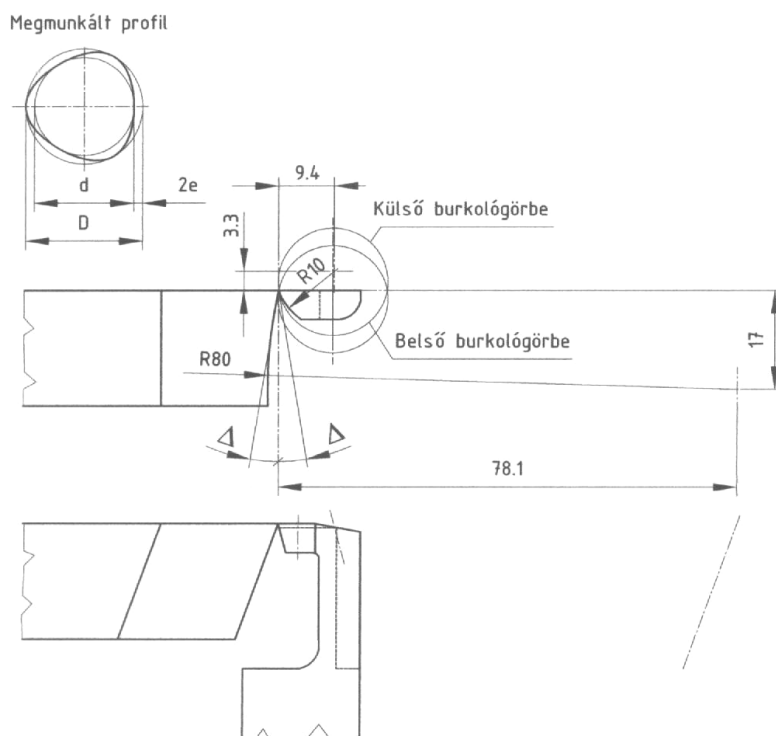
illetve:

$$\Delta = \arctg \frac{e(N+1)\sin N\alpha_{krit}}{r - e(N+1)\cos N\alpha_{krit}}$$

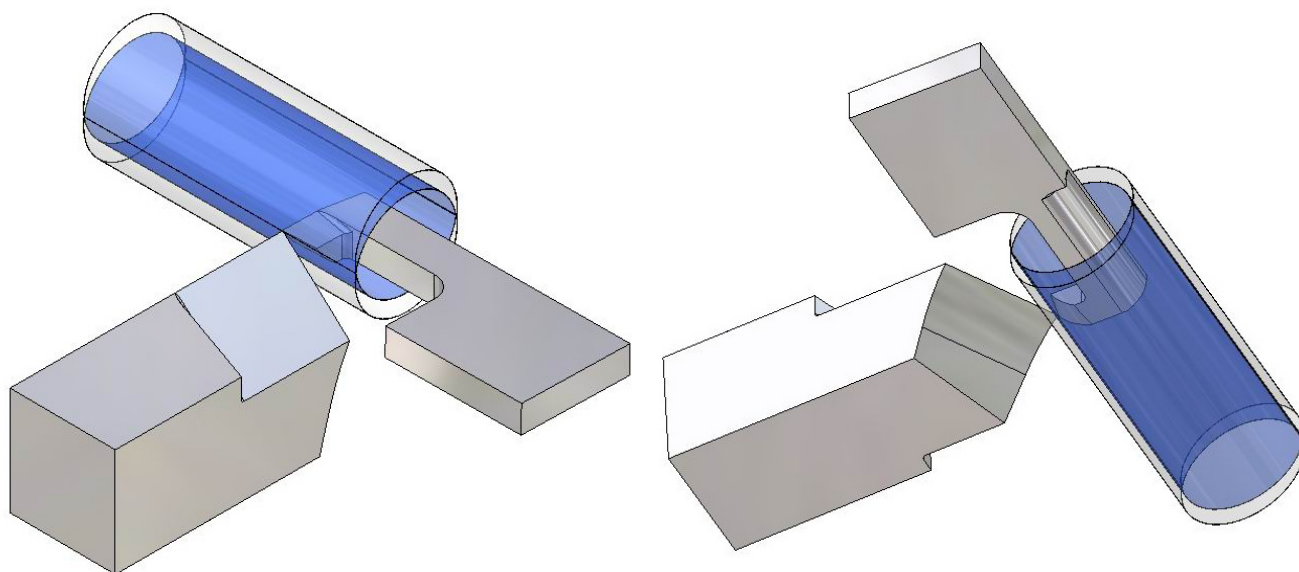
A viszonylag kis forgácsolósebességek miatt célszerű gyorsacél szerszámok alkalmazása. Forrasztott keményfémlapkás szerszám használata esetén szívós keményfémlapka minőséget célszerű választani.

Külső- és belső forgácsolókések esetén is legkedvezőbb a 90°-os főélelhelyezési szög ($\kappa_r = 90^\circ$) és 0°-os szerszám terelőszög ($\lambda_s = 0^\circ$). Ebben az esetben a forgácsolóék működő szögeit (pl. $\alpha_o, \beta_o, \gamma_o$) nem befolyásolja a munkadarab bolygó mozgása és azokat a forgácsolt anyag tulajdonságainak megfelelően választhatjuk. A szerszám működésének csak az a feltétele, hogy, a szerszám minden pontja -külső felület megmunkálása esetén-a külső burkoló görbén kívül, -belső felület megmunkálása esetén-a belső burkológörbén belül essen.

A kés szilárdsági tulajdonságainak javítása érdekében célszerű ha a mellékél hátfelülete a mellékéllal párhuzamos tengelyű pozitív (belső kés), vagy negatív (külső kés) görbületű hengerfelület, olyan térbeli helyzetben, hogy az $\alpha_{pemin} > 1.5^\circ$ feltétel teljesüljön (56., 57. ábra).



56. ábra Mellékél hátfelület kialakítás HHE3 profil megmunkálása esetén



57. ábra A burkolófelületek és a külső- illetve belső kések geometriája a HHE3 profil esetén

Csavart alkotójú felületek esetén a burkológörbék is csavarodnak ezért a mellékélfelület teljes hosszát vizsgálni kell. Adott profilhoz a késgeometriát számítógépi szoftver [8, 9, 10) és CAD rendszer alkalmazásával célszerű megtervezni.

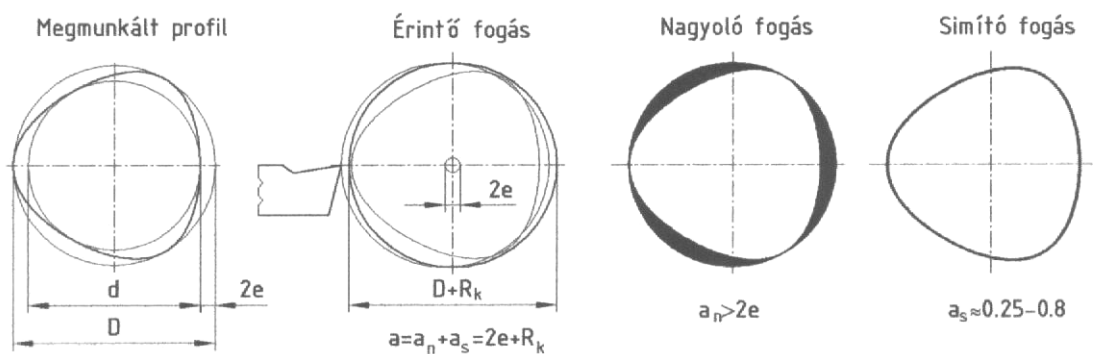
8. HHE felületek megmunkálása

Külső felületek megmunkálása

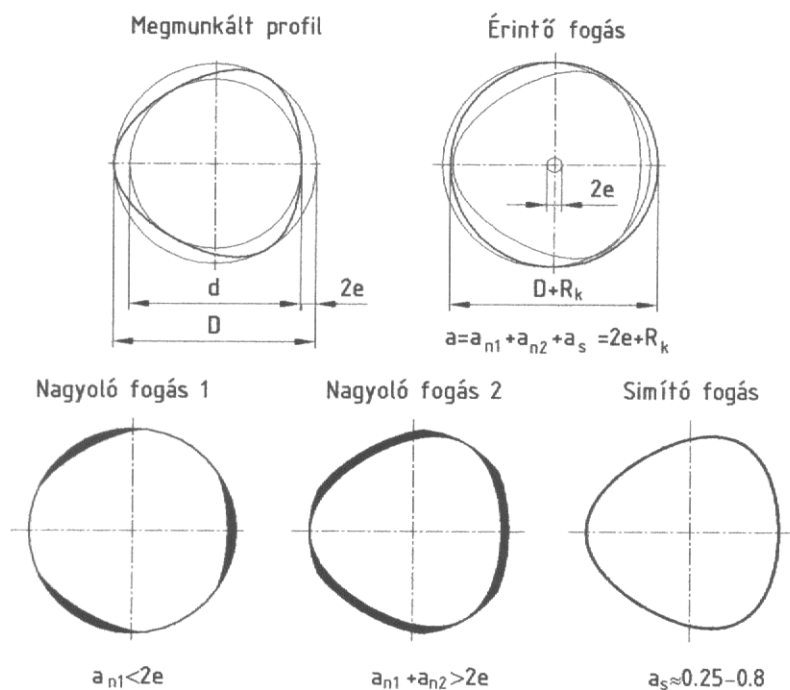
A sokszögfelület megmunkálásához $D+R_k$ átmérőjű hengeres felületet kell előkészíteni. A ráhagyás nagysága a profil méretétől és felfogástól függően $R_k=0.5\div 2$ mm. Amennyiben a megmunkálórendszer merevsége megengedi az első fogást célszerű úgy megválasztani, hogy a forgácsolás ne legyen megszakított. Ebben az esetben a főforgácsoló erő bár ciklikusan változik, de mégis folyamatos előfeszítést tart a kinematikai láncokon. Ha ez nem lehetséges a fékeket gondosan be kell állítani. Az 58. ábra két fogással ($i=2$) az 59 ábra három fogással ($i=3$) végzett anyagleválasztási tervet mutat.

Belső felületek megmunkálása

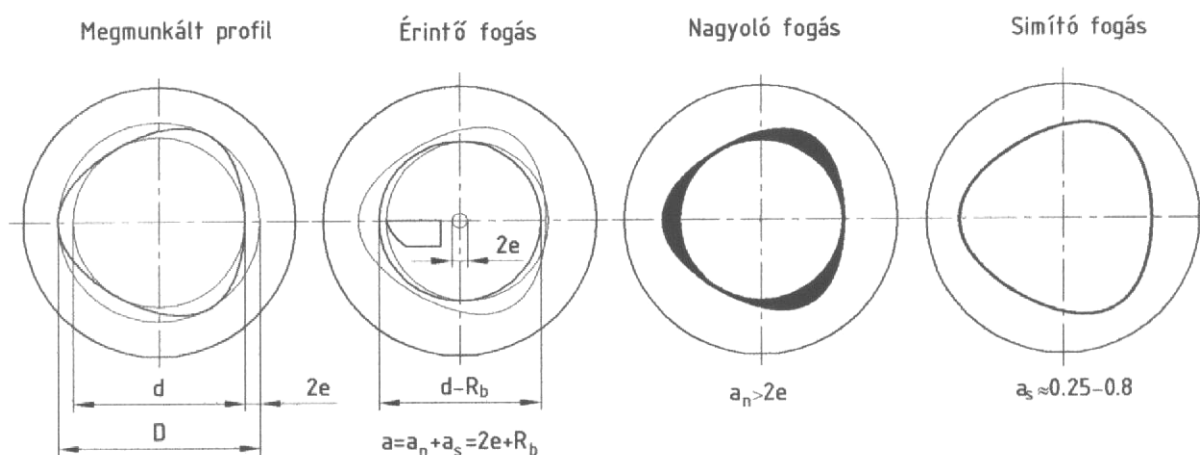
A sokszögfelület megmunkálásához $d-R_b$ átmérőjű hengeres furatot kell előkészíteni. A ráhagyás nagysága $R_b=0.5\div 1$ mm. A 60. ábra két fogással a 61. ábra három fogással végzett anyagleválasztási tervet mutat belső felületen.



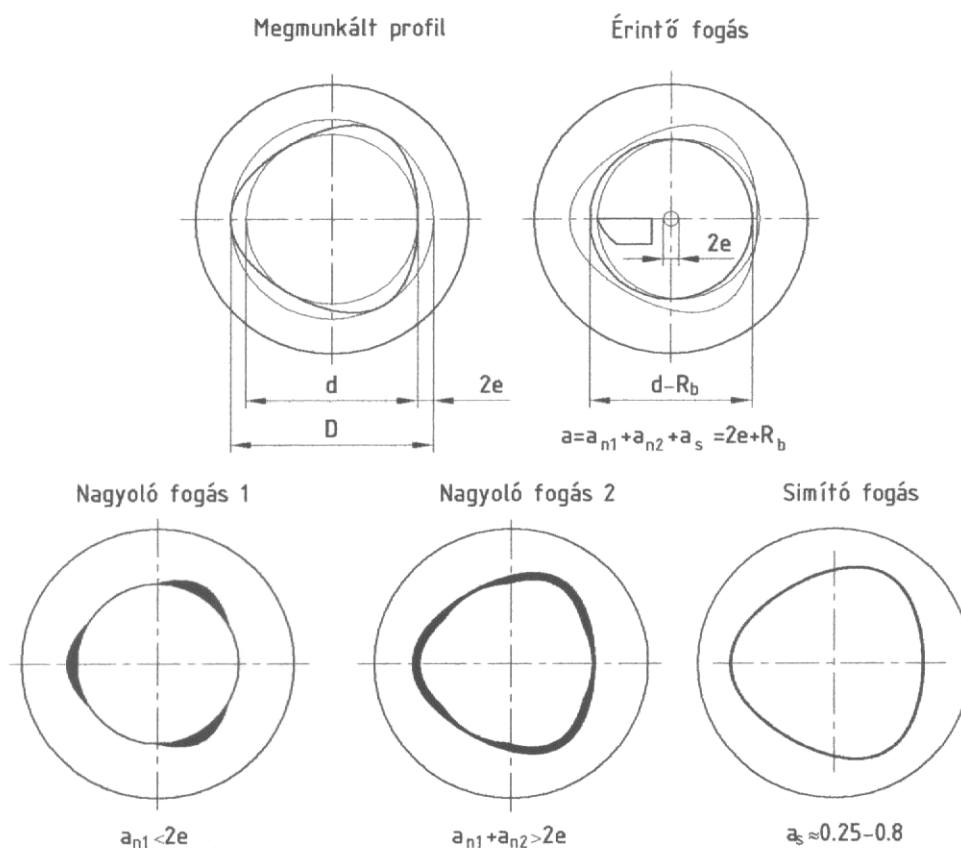
58. ábra Külső felület (HHE3 profil) megmunkálása két fogással



59. ábra Külső felület (HHE3 profil) megmunkálása három fogással



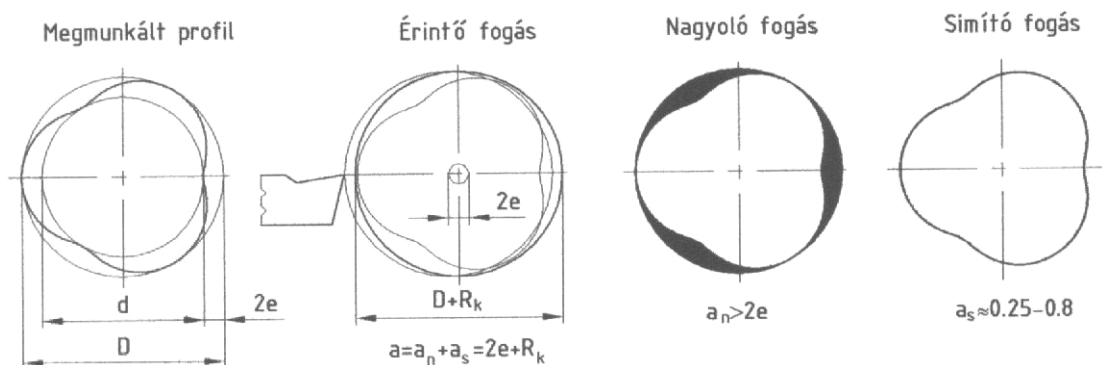
60. ábra Belső felület (HHE3 profil) megmunkálása két fogással



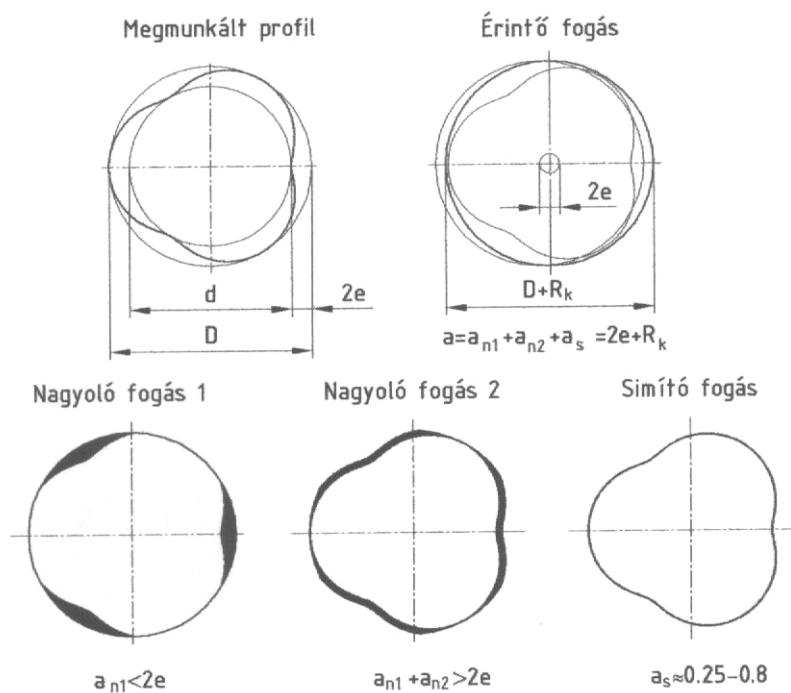
61. ábra Belső felület (HHE3 profil) megmunkálása három fogással

9. HEE felületek megmunkálása

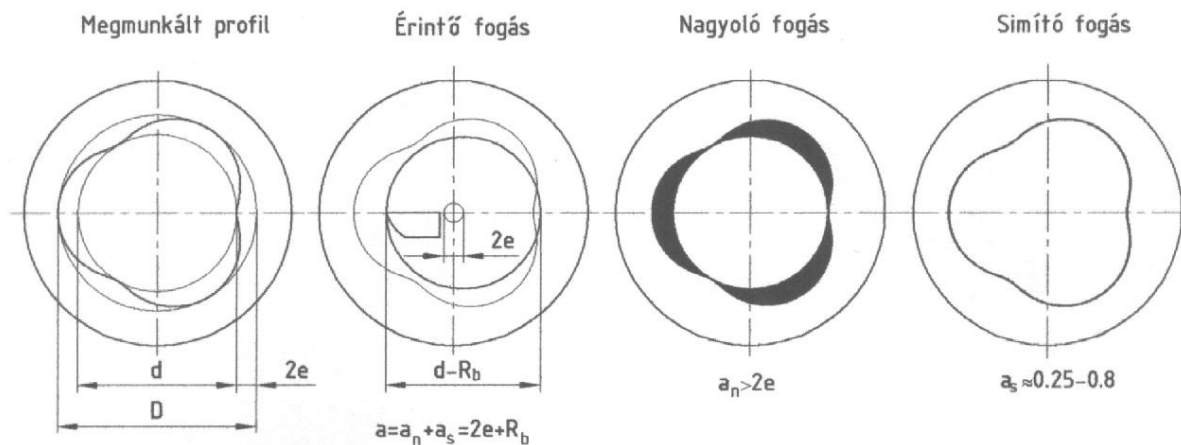
A 62. és 63. ábrán külső felület forgácsolására látunk két és háromfogásos anyagleválasztási stratégiát. A 64. és 65. ábra belső felület megmunkálását mutatja két, illetve három fogással.



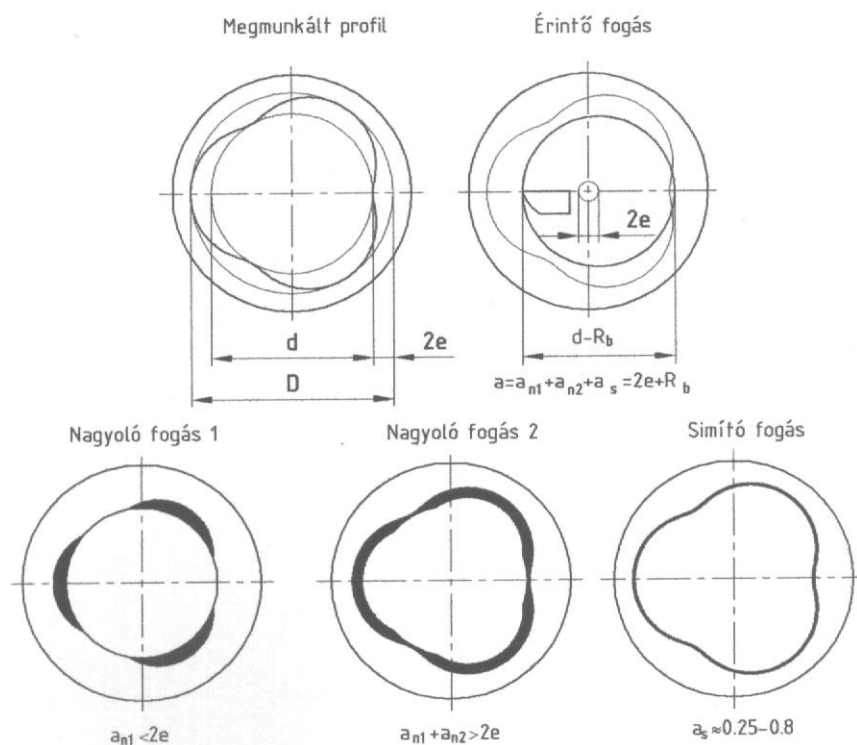
62. ábra Külső felület (HEE3 profil) megmunkálása két fogással



63. ábra Külső felület (HEE3 profil) megmunkálása három fogással



64. ábra Belső felület (HEE3 profil) megmunkálása két fogással



65. ábra Belső felület (HEE3 profil) megmunkálása három fogással

10. Nyomatékvitelre ajánlott HHE profilok

Az E400S sokszögesztergával (adott konstrukció, és gyártási pontosság) gazdaságosan elérhető pontosság: IT8÷IT9, átlagos érdesség: $R_a=3.2 \mu\text{m}$. Az excentricitás (2e) állítási pontossága: IT7.

A létrehozható profilokból rendkívül sok alkalmas nyomatékvitelre, de legáltalánosabban az enyhén domború HHE profilokat célszerű alkalmazni $N=3, 4, 5, 6$ szögszámmal. A méretek kialakításánál a meghatározó szempont volt a szabványos gördülőcsapágy méretek, mivel a nyomatékvívó felület után általában csapágyhordozó hengeres felület következik és a csapágygyűrű támasztást a sokszögfelület végzi.

Páratlan szögszám esetén a mérőméretet (S_{m1}) célszerű egészszámmal választani. Az adott profiltípuson belül a pontos alakot az $r/2e$ viszony számmal rögzítettük. A profil pontos méretének és alakjának specifikálása páratlan szögszám esetén tehát pl.:

HHE3 20/2.08-4.80

ahol:

H	helygon profil
H	hipociklois
E	esztergált
3	szögszám, $N=3$
20	névleges mérőméret, $S_{m1}=20 \text{ mm}$ (lap-csúcs távolság)
2.08	excentricitás $2e=2.08 \text{ mm}$
4.08	$r/2e=4.80$ alakot meghatározó viszonyszám

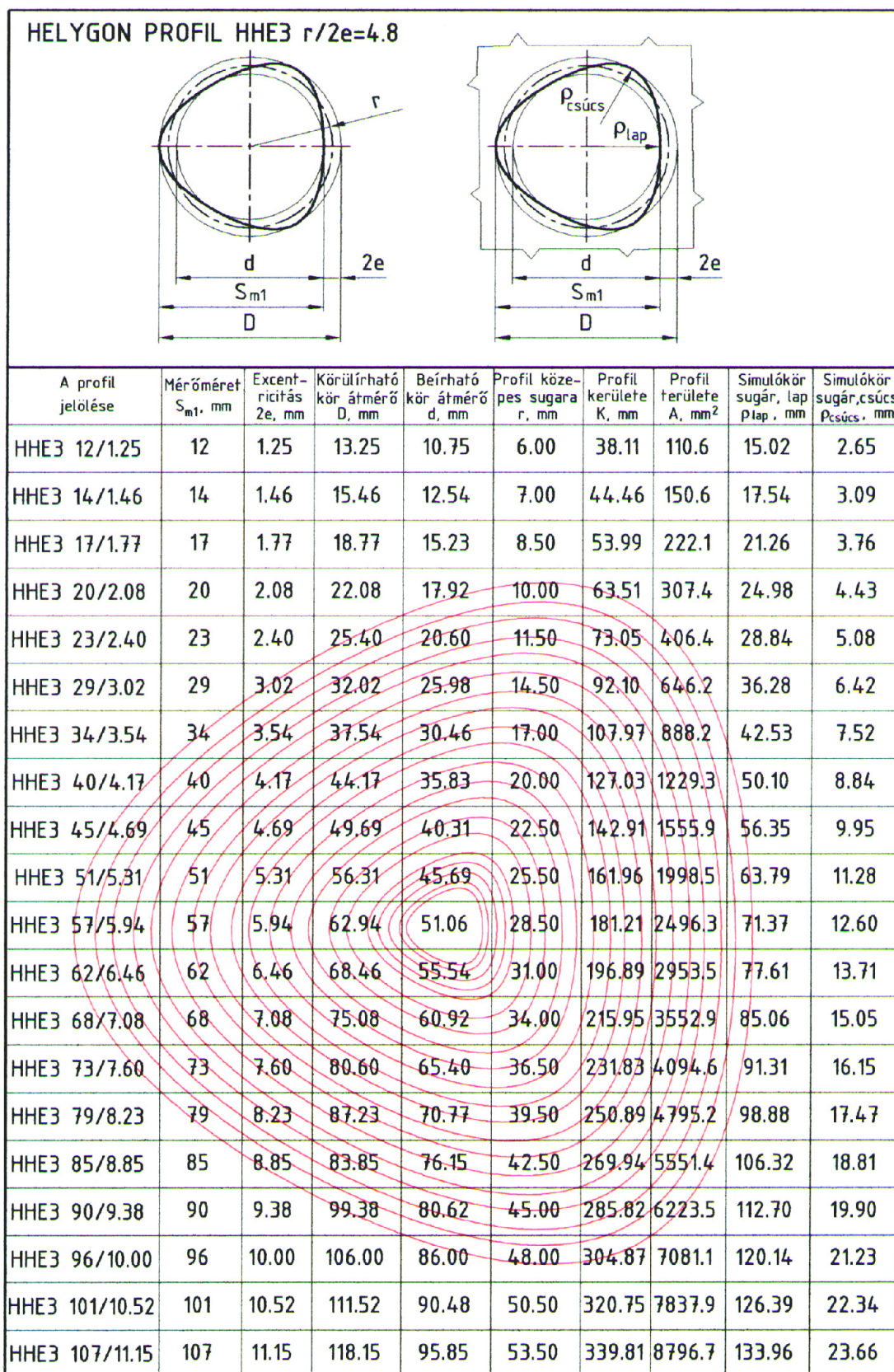
Páros szögszám esetén szintén a mérőméretet (S_{m2}) célszerű egészszámmal választani, ami azonban ebben az esetben a beírható kör átmérőjével egyezik meg. A profil pontos méretének és alakjának specifikálása páros szögszám esetén tehát pl.:

HHE4 36/3.09-5.11

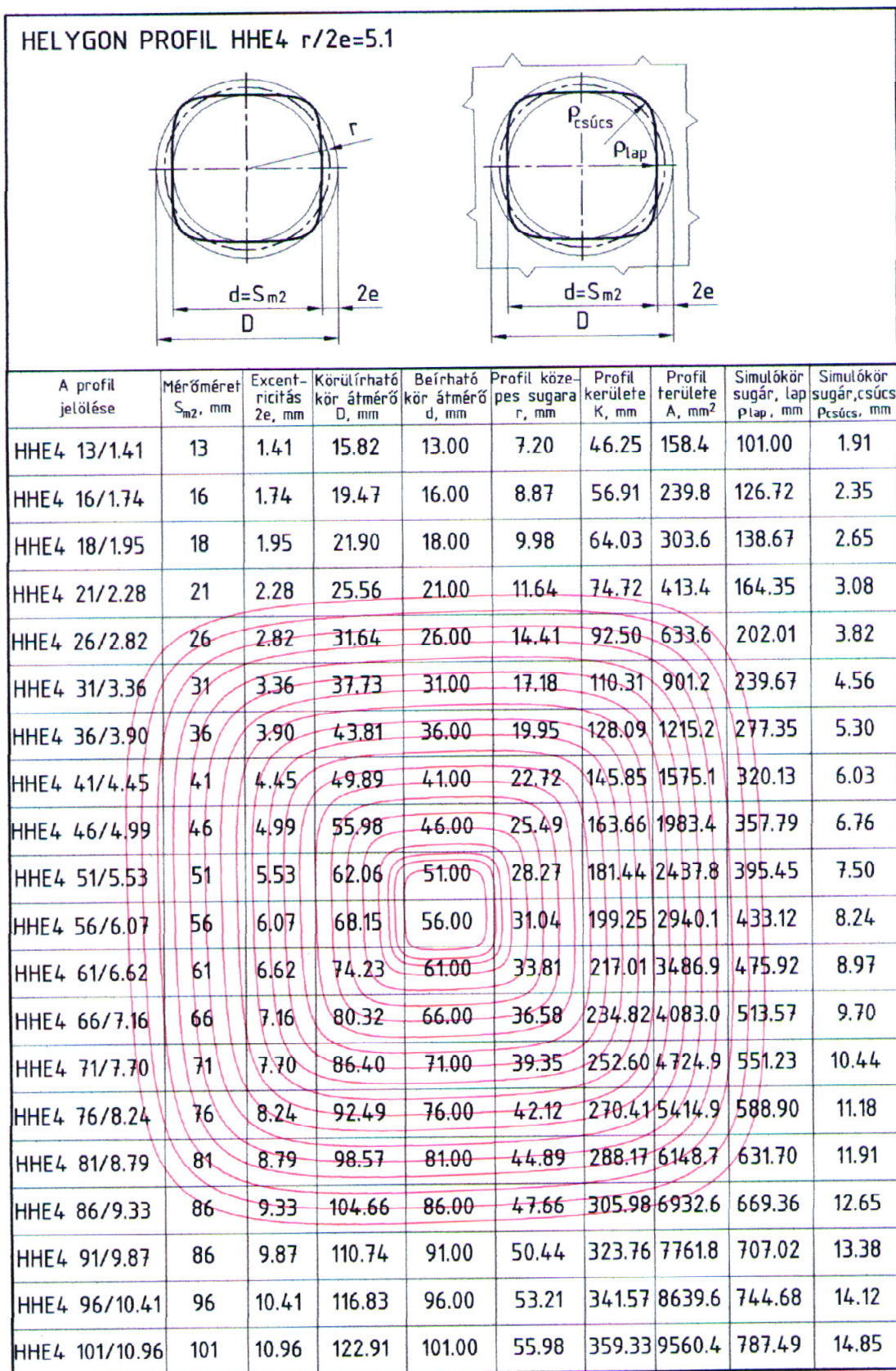
ahol:

H	helygon profil
H	hipociklois
E	esztergált
4	szögszám, $N=4$
36	névleges mérőméret, $S_{m2}=36$ (lap-lap távolság)
3.09	excentricitás $2e=3.09 \text{ mm}$
5.11	$r/2e=5.11$ alakot meghatározó viszonyszám

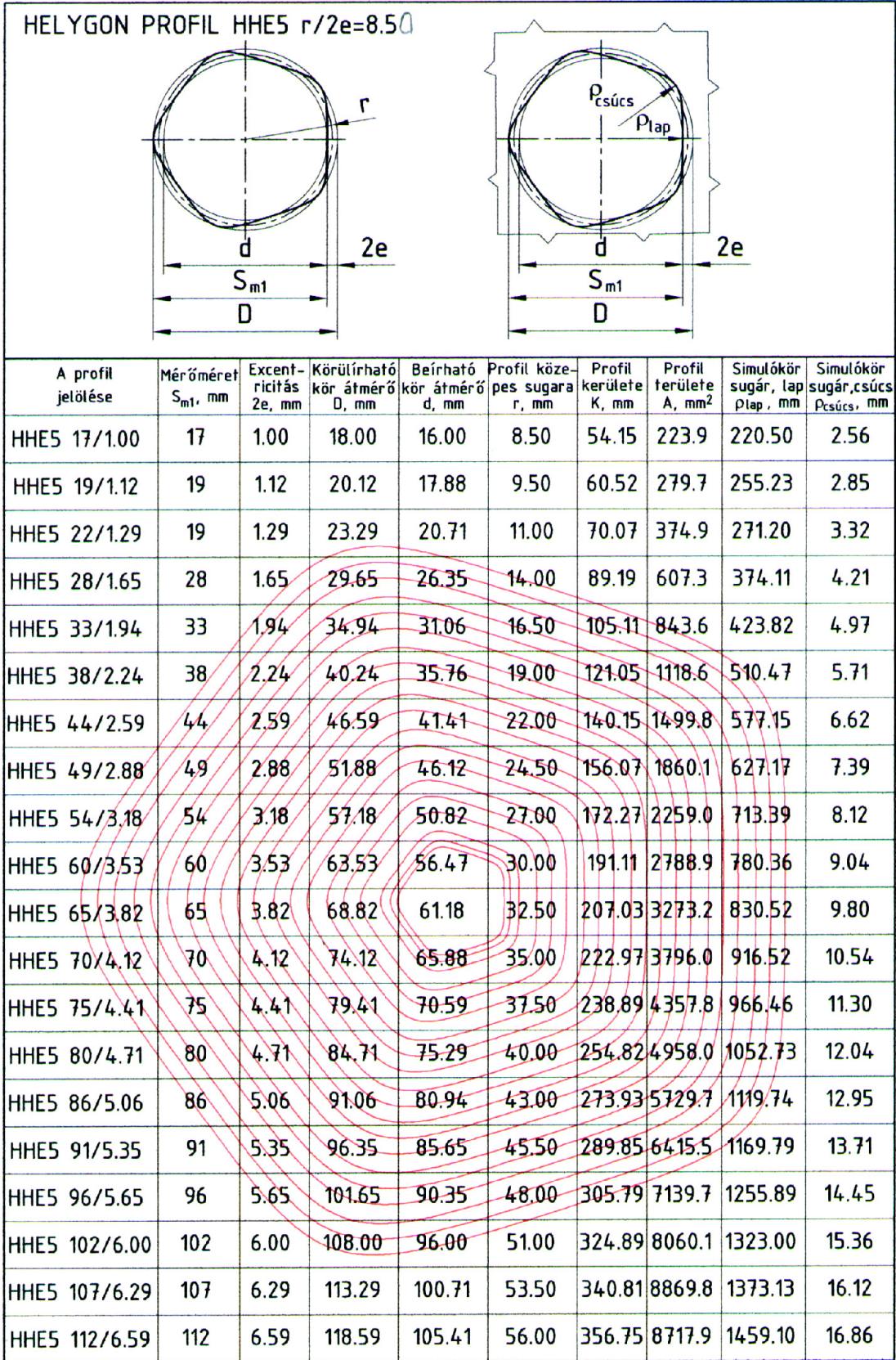
Az ajánlott méretek sorokat $N=3, 4, 5, 6$ szögszámú profilok esetén a 66. 67. 68 69. ábrák mutatják.



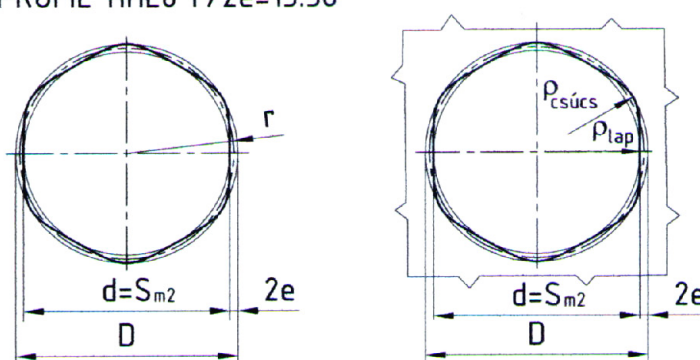
66. ábra HHE3-4.80 profil, méretsor



67. ábra HHE4-5.11 profil, méretsor



68. ábra HHE5-8.50 profil, méretsor

HELYGON PROFIL HHE6 $r/2e=13.36$									
									
A profil jelölése	Mérőméret S_{m2} , mm	Excentricitás $2e$, mm	Körülírható kör átmérő D , mm	Beírható kör átmérő d , mm	Profil közepes sugara r , mm	Profil kerülete K , mm	Profil területe A , mm ²	Simulókör sugár, lap ρ_{lap} , mm	Simulókör sugár, csúcs ρ_{csucs} , mm
HHE6 18/0.70	18	0.70	19.40	18.00	9.35	59.26	272.7	205.35	3.19
HHE6 21/0.82	21	0.82	22.63	21.00	10.91	69.12	370.9	254.48	3.71
HHE6 26/1.01	26	1.01	28.02	26.00	13.51	85.59	569.0	292.00	4.61
HHE6 31/1.21	31	1.21	33.41	31.00	16.10	102.05	808.6	373.42	5.47
HHE6 36/1.40	36	1.40	38.80	36.00	18.70	118.52	1090.9	410.70	6.38
HHE6 41/1.59	41	1.59	44.19	41.00	21.30	134.99	1415.4	449.69	7.28
HHE6 46/1.79	46	1.79	49.58	46.00	23.89	151.45	1781.3	429.51	8.15
HHE6 51/1.98	51	1.98	54.97	51.00	26.49	167.92	2190.1	568.08	9.05
HHE6 56/2.18	56	2.18	60.35	56.00	29.09	184.35	2639.1	648.37	9.91
HHE6 61/2.37	61	2.37	65.74	61.00	31.69	200.82	3132.1	686.65	10.82
HHE6 66/2.57	66	2.57	71.13	66.00	34.28	217.28	3666.0	767.27	11.68
HHE6 71/2.76	71	2.76	76.52	71.00	36.88	233.75	4243.3	805.33	12.59
HHE6 76/2.95	76	2.95	81.91	76.00	39.48	250.22	4862.8	844.20	13.49
HHE6 81/3.15	81	3.15	87.30	81.00	42.07	266.68	5523.0	924.07	14.36
HHE6 86/3.34	86	3.34	92.69	86.00	44.67	283.15	6226.8	962.71	15.26
HHE6 91/3.54	91	3.54	98.08	91.00	47.27	299.61	6971.0	1042.86	16.12
HHE6 96/3.73	96	3.73	103.46	96.00	49.87	316.05	7757.5	1081.31	17.03
HHE6 101/3.93	101	3.93	108.85	101.00	52.46	332.51	8585.8	1161.69	17.89
HHE6 106/4.12	106	4.12	114.24	106.00	55.06	348.98	9458.1	1199.98	18.80
HHE6 111/4.32	111	4.32	119.63	111.00	57.66	365.44	10370.4	1280.53	19.66

69. ábra HHE6-13.36 profil, méretsor

11. Alkalmazási példák

11.1. Nyomatékvivő felületek alkalmazása

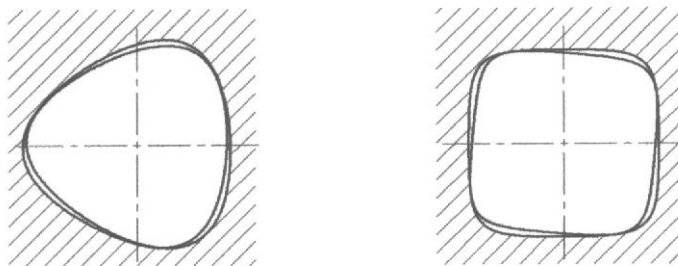
A sokszögfelületek, mint nyomatékvivő felületek –átgondolt alkalmazás esetén- jelentős előnyökkel rendelkeznek a hagyományos (ék-, retesz-, bordás-, és fogaskötésekkel) szemben.

Az átgondolt alkalmazás esetén azt értjük, hogy figyelembe kell venni:

- ◇ a feladathoz rendelkezésre álló sokszögmegmunkáló technológia fejlettségi szintjét (pontosság, termelékenység stb.),
- ◇ a gyártás tömegszerűségét. Az egyedi-, és kissorozatgyártásban eredményes technológia –speciális fejlesztések nélkül- valószínűleg nem versenyképes a tömeggyártásban,
- ◇ a nyomatékvivő felületektől megkívánt működési feltételeket (pl. fix kötés, eltolható kapcsolat, megkívánt pontosság és felületminőség, stb.).

A sokszögfelületek alkalmazási előnyei:

- ◇ **Helymegtakarítás** (anyagmegtakarítás, tömegcsökkentés). Mivel a helygon profilokat bolygó mozgással gyártjuk a felületek a vállakkal együtt munkálhatók meg. Szükség esetén profilos beszúrások is készíthetők. Elmarad a hátrányos maró-, illetve köszörű kifutás, ezért rövidebb tengelyeket, kisebb csapágytávolságokat, kisebb hajlítónyomatékokat kapunk. Ez különösen a hajtóműgyártásban hely-, és tömegtakarékos konstrukcióhoz vezet. A profil előtt és (után) elhelyezett gördülőcsapágyaknál megfelelő felfekvés adódik a profil körülírható körével határolt vállakon. Az axiális rögzítésre a sokszögfelületbe beszúrt –hengeres- hornyokba rúgós tömítőgyűrűt alkalmazhatunk.
- ◇ **Önközpontosítás.** A helygon profilok önközpontosítók, ezért a legcsekélyebb forgatónyomaték esetén is szimmetrikusan kiegyenlítődik a meglévő játék a külső- és belső profilok felfekvésével, amely nyugodt futást biztosít. (70. ábra). Ez a tulajdonság elhárítja az egyes felfekvések túlterhelését és így az egyoldalú terhelés okozta kifáradási törések veszélyét,
- ◇ **Szilárdsági előnyök.** A sokszögtengelyeken –élek- és sarkok hiányában- nem lép fel bemetszési hatás, ami elkerülhetővé teszi a hőkezelési repedések keletkezését. A szilárdsági számításoknál nem kell bemetszési tényezőt [21] figyelembe venni, amely kedvező méreteket eredményez.

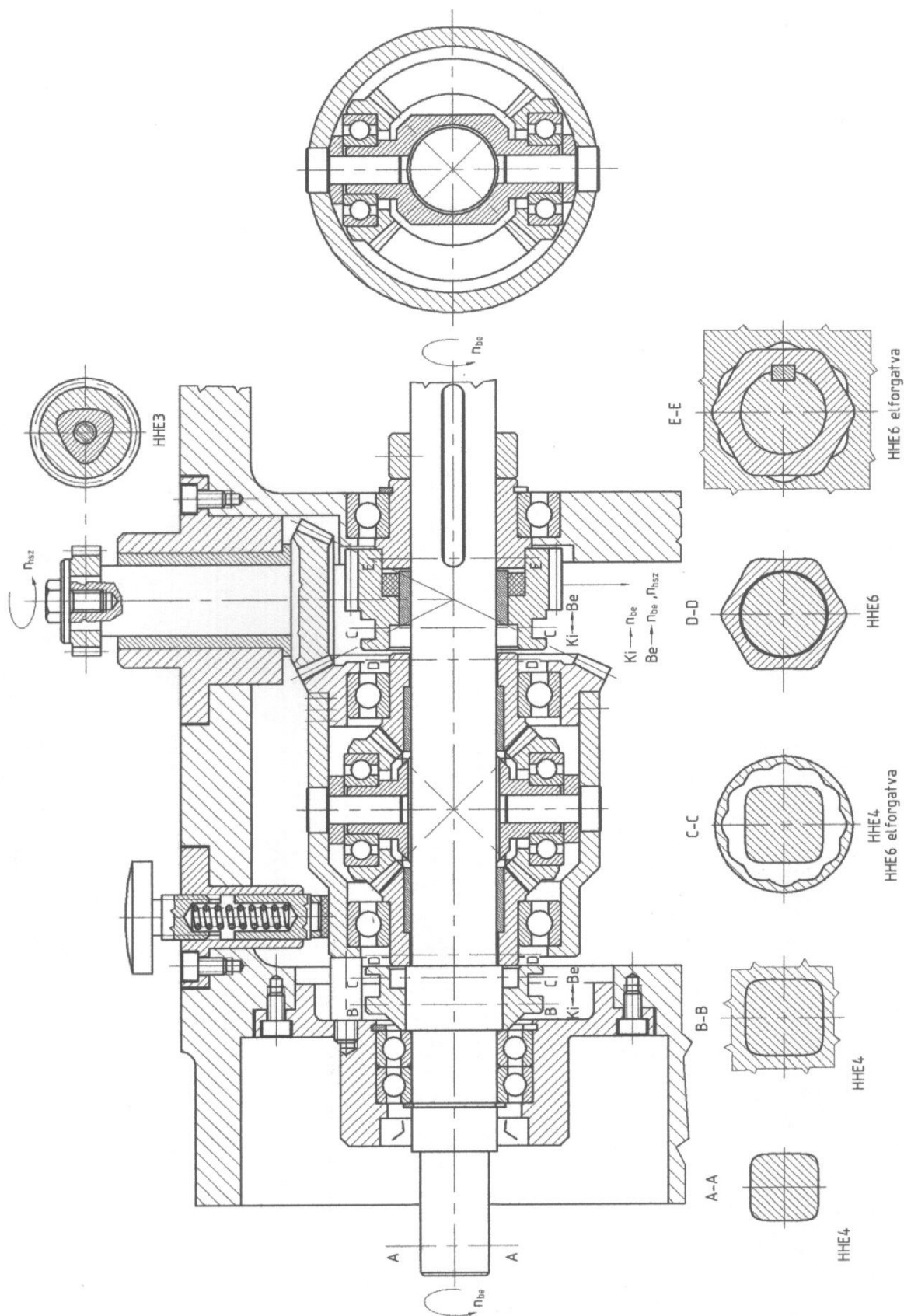


70. ábra A HHE3 és HHE4 profil önközpontosító tulajdonsága (a játékok eltűlözva).

- ◇ **Gyártástechnológiai előnyök.** A gépgyártásban alkalmazott tengely- és agykötések előállítására különféle nagy értékű szerszámgépekre, szerszámokra, mérőeszközökre, készülékekre van szükség. Ék-, reteszkötésekhez: esztergagép, marógép, véső-, vagy üregelőgép, palástkőszörűgép. Bordás- és fogaskötések esetén: esztergagép, palástkőszörűgép, bordamarógép, bordakőszörűgép, üregelőgép. Sokszögeszterga alkalmazása esetén rendkívül széles méret- és alakválaszték mellett egyetlen gép képes elvégezni a megmunkálást, egyéltű kis értékű szerszámmal. A sokszögkötés szerelés szempontjából is kedvezőbb (nincs túlhatározás) ezért elkerülhetők az utólagos illesztési munkák.
- ◇ **Előgyártás.** Kis- és közép sorozat gyártás esetén a hengeresre előmunkált felület ráhagyással megfelelő. A leválasztandó anyagterfogát ebben az esetben is relatíve kicsi. Szériagyártás esetén súllyesztékben kovácsolt vagy húzott profilos előgyártmányok is elképzelhetők.

11.1.1. Kúpkerekes differenciálmű

A helytakarékos konstrukció nyomatékátvivő kapcsolatai gyakorlatilag teljes egészében sokszögfelületekkel vannak megoldva. A behajtó tengelyről a hajtás a főorsó- és az excenterhüvely kinematikai láncához ágazik le. Egyenes alkotójú sokszögfelületek megmunkálása esetén a differenciálmű a két kapcsolóelemmel ki van iktatva. Csavart alkotójú felületek megmunkálása esetén bekapcsoljuk a kapcsolókat és fogasléc-fogaskerék mozgás-átalakítóval és cserekerékáttétellel a hosszán mozgása (a cserekerékkel létrehozott arányban, és irányban) összekapcsolódik a főorsó meghajtással. A kapcsolat megkönnyítése érdekében a belső kapcsoló felületek elforgatott HHE6 profilokkal vannak megoldva. A behajtó tengelyen HHE4 profilok vannak, míg a kisebb méretű cserekerék oldali behajtáson HHE3 profil.



71. ábra Kúpkeres differenciálmu sokszögesztergához (Tervező: Dr. Kövesi Gyula)

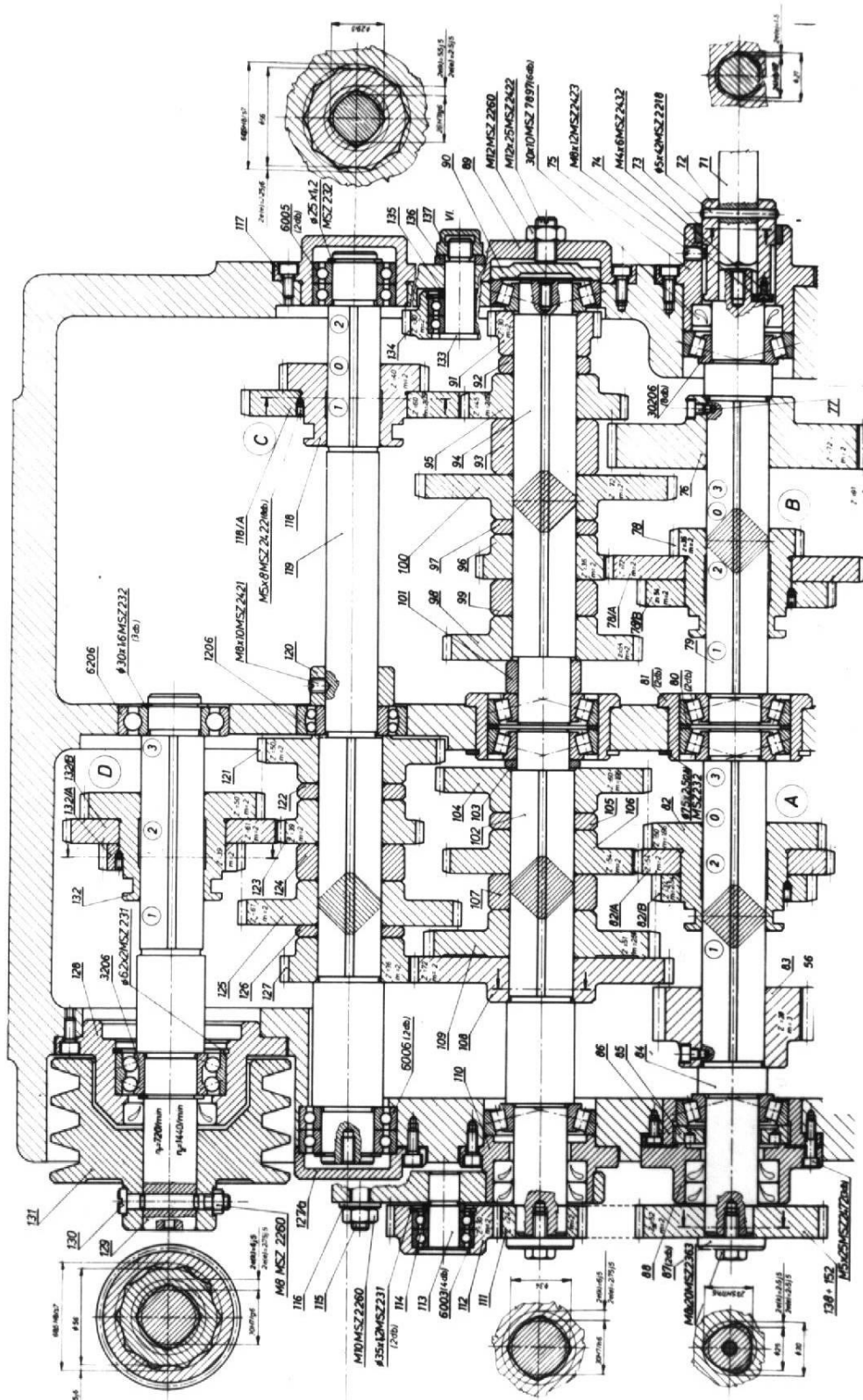


72. ábra Legyártott differenciálmű alkatrészek (ház nélkül)

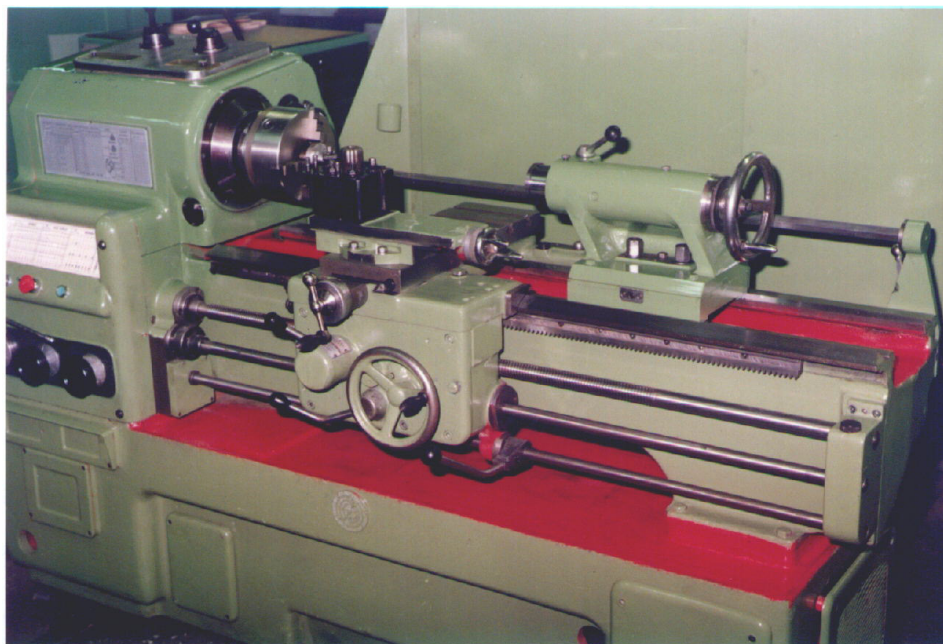
11.1.2. EUS400-01 sokszögeszterga főhajtómű

A 73. ábrán a kissorozatban gyártott EUS 400-01 típusú sokszögeszterga főhajtása látható. A nyomatékátvivő felületek a konstrukciónál teljes egészében sokszögfelületek. A három és négyszög felületek esetén azonban esztergálással nem lehet a kívánt méretpontosságot és felületi minőséget biztosítani ezért ezek a felületek, köszörültek illetve üregeltek (e technológiák bemutatása e munkának nem feladata). Az előmunkálás azonban szintén sokszögesztergálás. A tengelyek sokszögesztergán történt előmunkálás és nemesítés után köszörüléssel kapták meg a megkívánt pontosságot és felületiminőséget. A fogaskerekek betétedzhető acélból készültek cementált, betétedzett, köszörült fogazattal. A sokszögfuratok esztergán történő előmunkálás után, üregelve lettek. A technológiára ábrás műveleti sorrendterv található a [24] irodalomban.

A fogaskerék tolótömbök esetén az alapkerékre HHE10 homorú profillal kapcsolódnak a további fogaskerekek zsugorkötéssel szerelve. Ezek a profilok természetesen sokszögesztergálással megmunkáltak.



73. ábra EUS 400-01 sokszögeszterga főhajtómű (Tervező: Dr. Kövesi gyula)



74. ábra Felújított EUS 400-01 típusú sokszögeszterga (Gyártó és felújító: Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszék, Megrendelő: KITE Műhely Kft. Nádudvar)

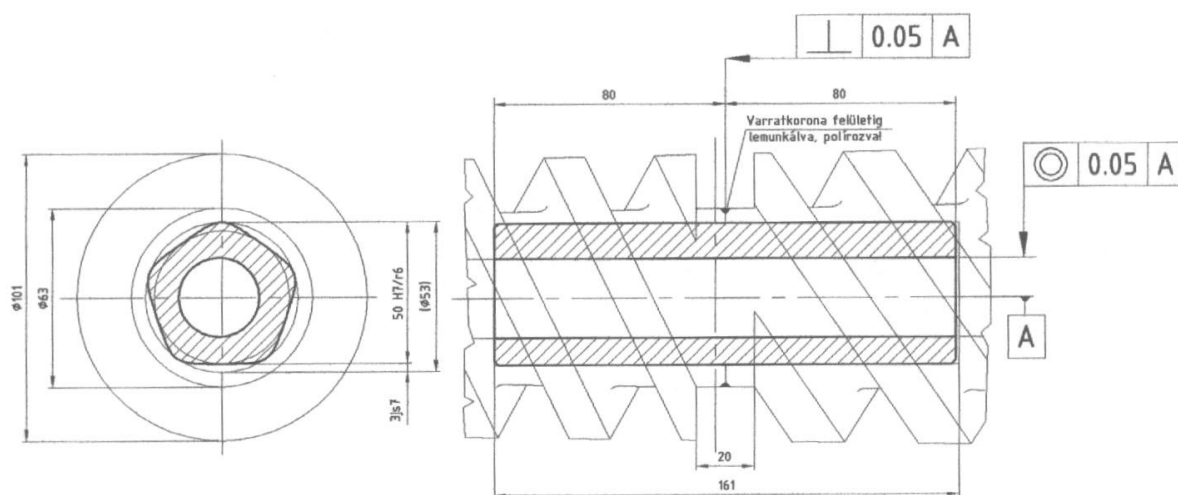
11.1.3. Műanyag-feldolgozó extruder csigák javítása

Az kifejlesztett sokszögeszterga egyik biztos sikert hozó felhasználási területe a javítás és felújítás területe. Egyetlen, relatíve kis értékű szerszámgéppel rendkívül széles mérettartományban rövid idő alatt javíthatók nagy értékű sérült esetleg törött nyomtatékvivő felülettel rendelkező gépelemek. A tengelyeken a sérült felületek felhegeszthetők vagy fémmel töltött műgyantákkal feltölthetők és ezután sokszögfelületek alakíthatók ki. A kapcsolódó furatos alkatrészek (fogaskerekek, szíjtárcsák stb.) perselyezhetők (általában zsugorkötéssel vagy hegesztéssel rögzítve) és kialakítható a kapcsolódó sokszögfelület. Természetesen a megkívánt helyzettűrések tartása érdekében a javítástechnológiát (felfogások, hegeszthetőség stb.) pontosan meg kell tervezni.

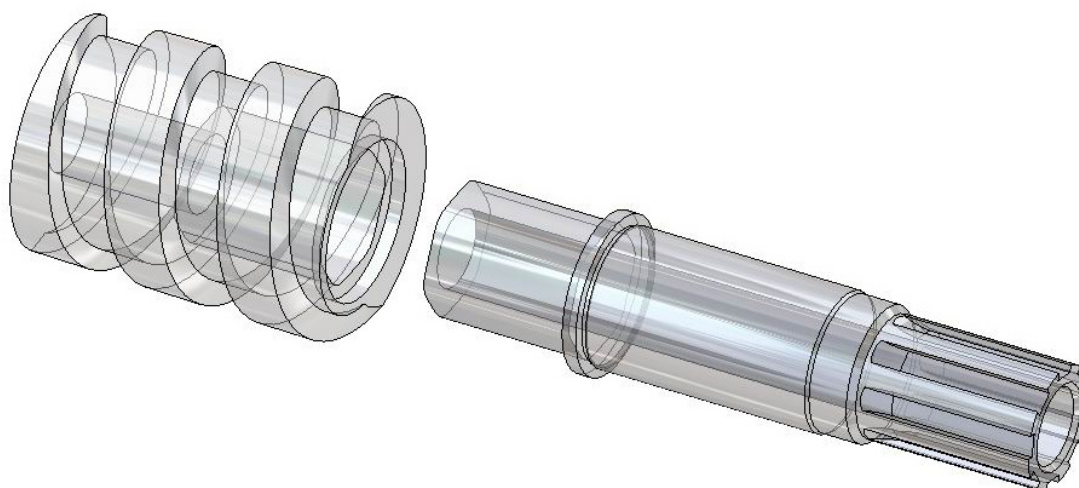
A javítástechnológia bemutatására műanyag-feldolgozó extruder csigák javítását mutatjuk be [22, 23, 24]. A nagy értékű gépelem javítása szilárdságilag és pontosság szempontjából is különösen nehéz feladatnak számít. A 2093 mm hosszú, csigánként 100 kg tömegű kúpos csigapár egy tagjának törése, vagy a behajtó bordás felület elcsavarodása a csigapár cseréjével (≈ 10 mill. Ft.) javítható.

A 75. ábrán a csigatörés javításának, a 76. ábrán a sérült bordáscsonk cseréjének konstrukciós megoldása a látható. A csigafelekbe szerszámmozgatásúvá átalakított sokszögesztergán munkáltuk meg a sokszögfelületeket az egytengelyűség és a poláris pozíció nagypontosságú biztosításával. A sokszögfelületű dugó mikroötvöztetésű nagyszilárdságú ($R_m=2000 \text{ N/mm}^2$) acélból készült munkadarab-mozgatású sokszögesztergán. A sokszögfelületű

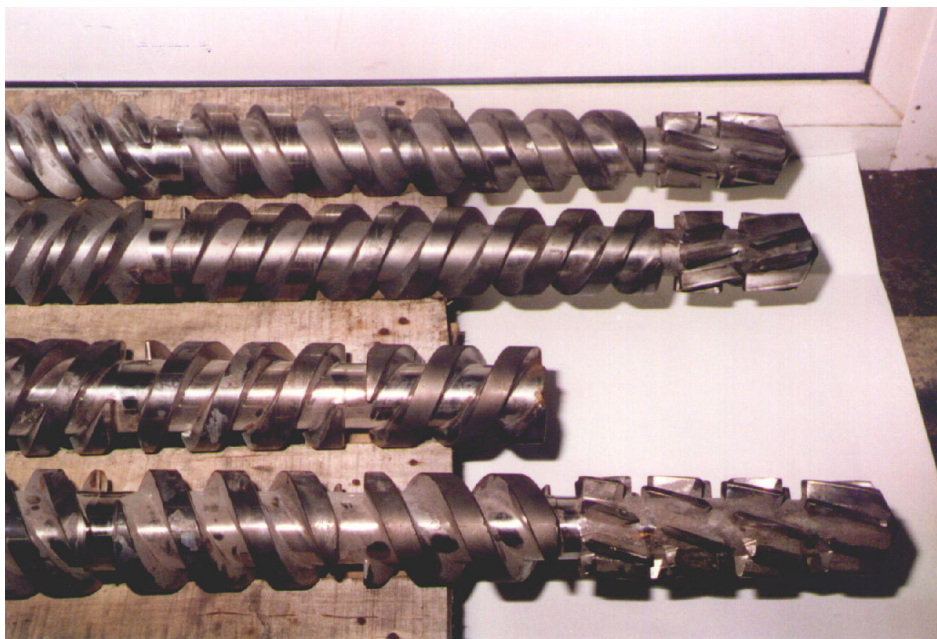
dugó szerelése szilárd illesztéssel melegen történt. Mivel a csiga belülről nagynyomású olajjal hűtött a tömítés érdekében a toldási él hegesztéssel záróvarratot kapott. A javítás végrehajtásának alapvető lépései követhetők a 77., 78., 79., 80., 81. ábrán.



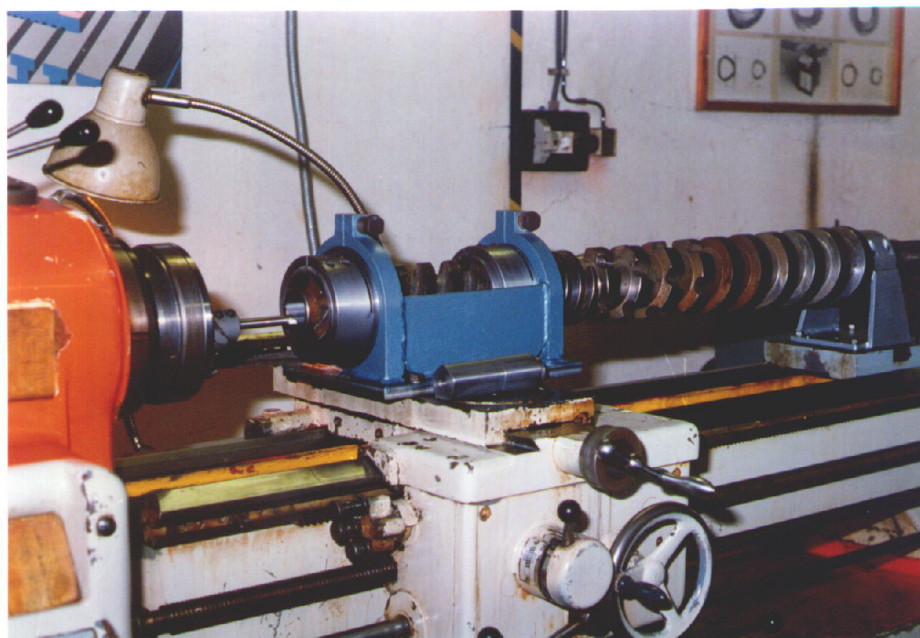
75. ábra Törött extrudercsiga javításának konstrukciós megoldása [22]



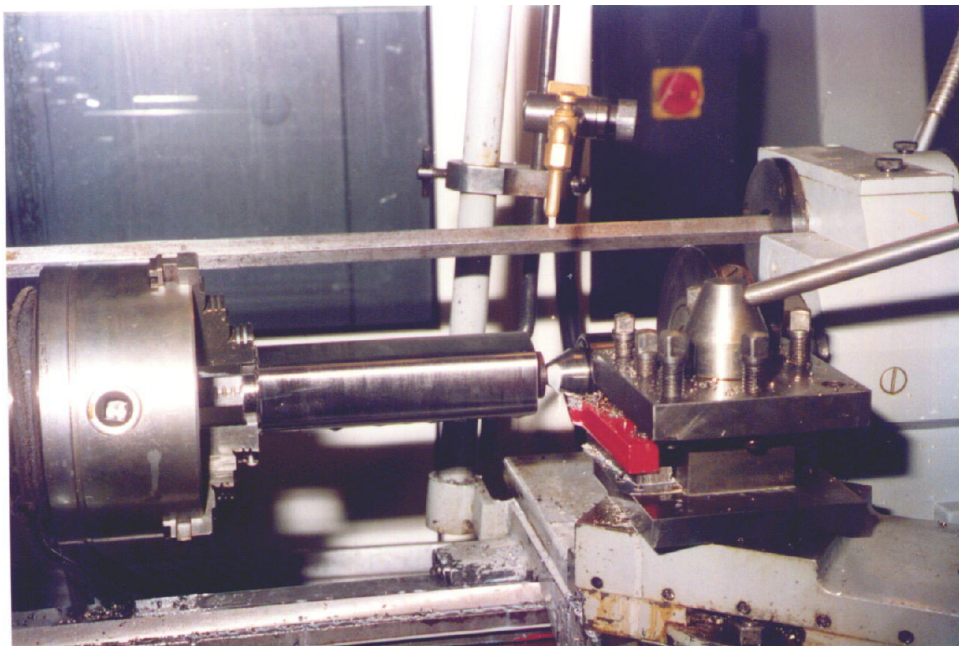
76. ábra Extrudercsiga sérült behajtó bordáscsonk cseréje [24]



77. ábra Javításra előkészített extruder csigák



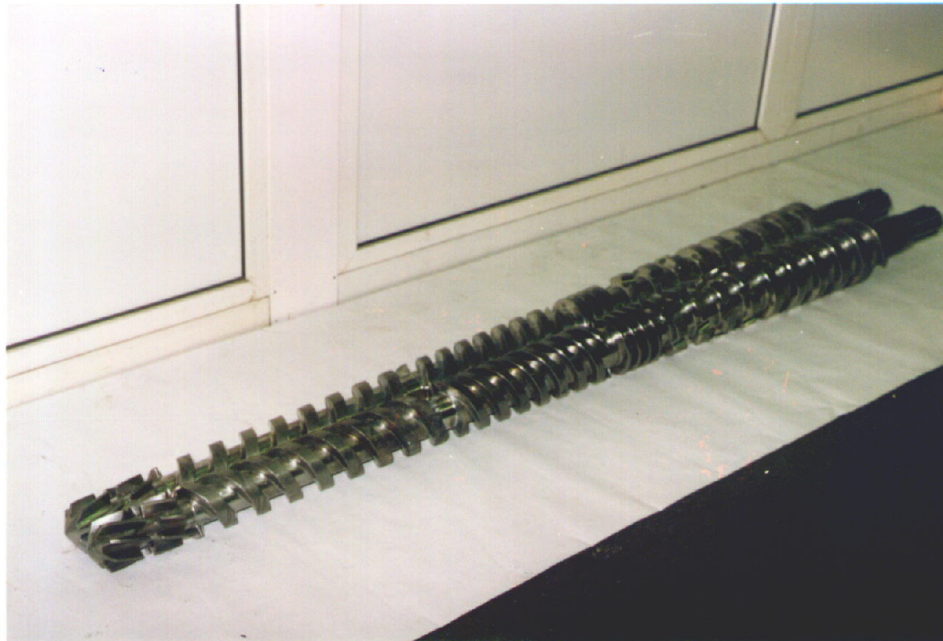
78. ábra A csigatest sokszögfuratának megmunkálása szerszámmozgatással



79. ábra A sokszögfelületű dugó megmunkálása munkadarabmozgatású sokszögesztergán



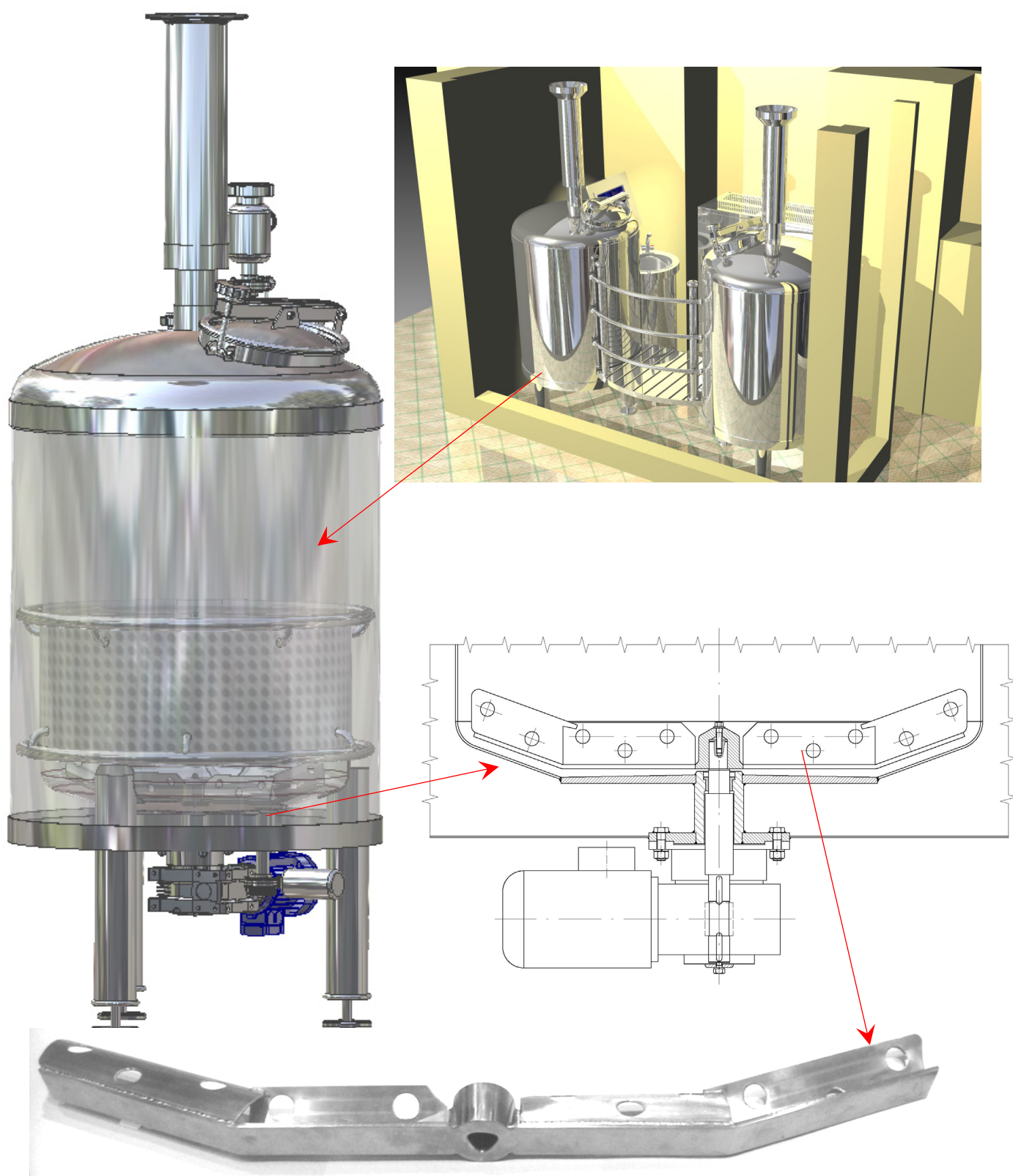
80. ábra Szerelésre előkészített csigaelemek



81. ábra Üzemképes javított csigapár

11.1.4. Élelmiszeripari keverőtartályok lapát menesztése

Az élelmiszeripari minőségű ausztenites króm-nikkel acélból készült tartályok keverő lapát menesztése HHE3 profillal lett megoldva. A reteszkötéshez képest a megoldás jobb nyomatékátvitelt, könnyebb szerelhetőséget és tisztíthatóságot biztosít. Példaként a 82. ábra 250 literes főzőüst keverő lapát beépítését mutatja. A 83. ábrán legyártott tengelyek és agyak láthatók.



82. ábra 250 literes főzőüst keverő lapát beépítése. (Tervező: Kövesi Levente vezető tervező mérnök, Zip Technologies Kft., Alkalmazás: Moszkva Oroszország, Kijev Ukrajna)



83. ábra Szerelésre előkészített keverő lapát tengelyek és agyak

11.1.5. Csavarfej, csavaranya és kulcsok.©

A –bolygómozgással generált– hipo-, epi- és összetett ciklois keresztmetszetű, különböző szögszámú egyenes- és csavartalkotójú hengerekből hagyományos kulcsokkal nem oldható, nagy nyomatókátvivő képességű felületek alakíthatók ki rendkívül széles alakvariációs lehetőséggel.

Robbanásbiztos szerelvényeknél (villamos csatlakozók, fedelek, stb.), villamos szekrény fedeleknél az illetéktelen megbontás megakadályozására a kötőelemek különleges fejkialakítását elterjedten alkalmazzák. A biztonsági fejkialakítás általában háromszögletű (egyenesekkel és körívvel határolt), hogy fix méretű kézi szerszámokkal (villáskulcs, csillagkulcs, csőkulcs, dugókulcs), illetve két szemben lévő állítható pofával szorító szerszámokkal (pl. franciakulcs) ne legyen oldható a kötés. Ezek a megoldások hagyományos csavarkulcsok esetén megakadályozzák az illetéktelen megbontást, de hátrányuk, hogy egy-két speciális dugókulcs megszerzése esetén már nem nyújtanak védelmet.

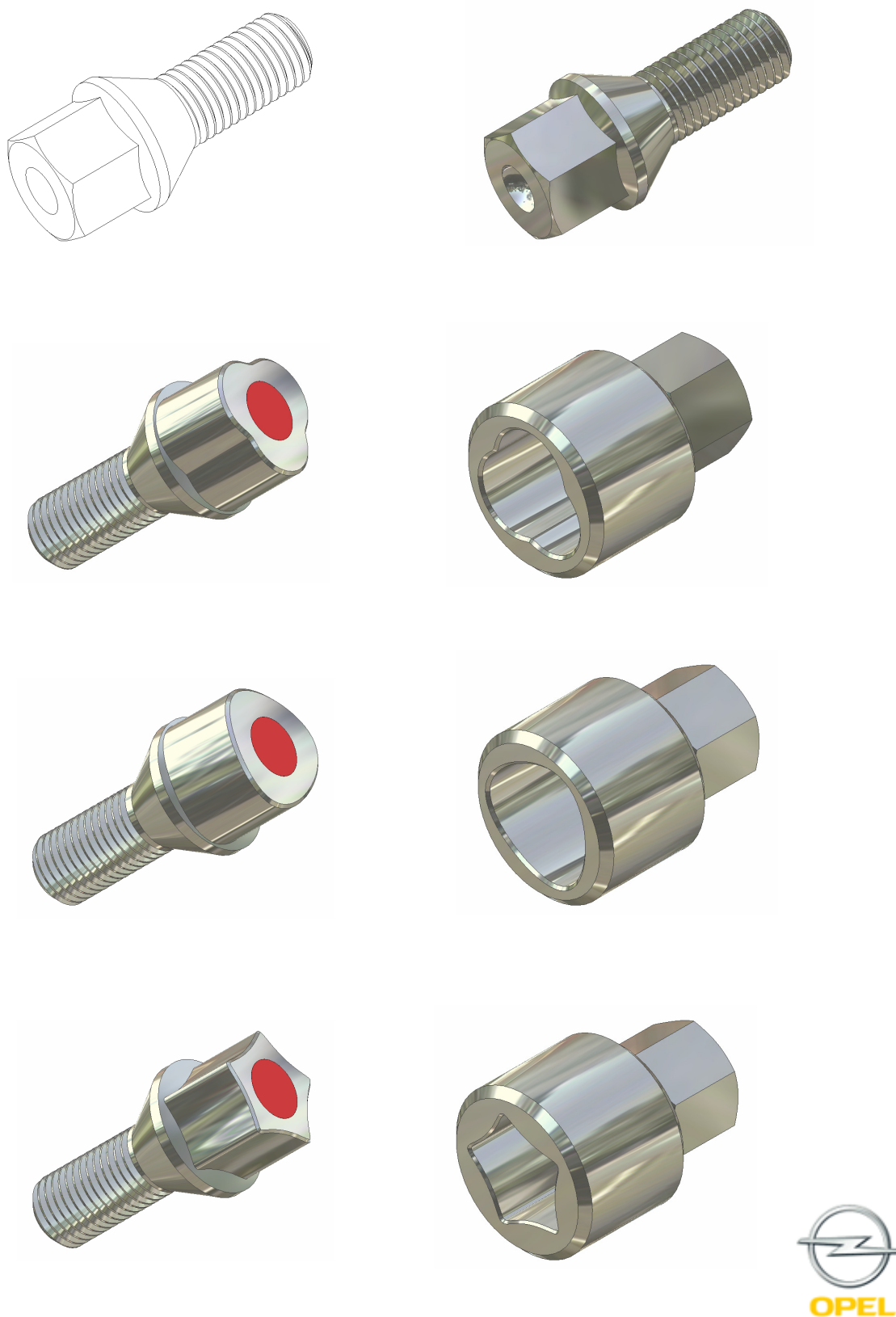
A különleges felületkialakítás és nagy alakvariációs lehetőség alkalmas, pl. gépkocsi biztonsági kerékfelfogó csavarok, anyák és a hozzájuk tartozó kulcsok kialakítására. Ebben az esetben a speciális kialakításnak az alábbi előnyei vannak:

- kiváló nyomatékvívő képesség és ezért megbízható meghúzás és oldás,
- rendkívül széles alakvariáció,
- esztétikus megjelenés az adott keréktárcsához, különösen az alumínium keréktárcsák esetén.

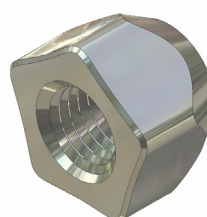
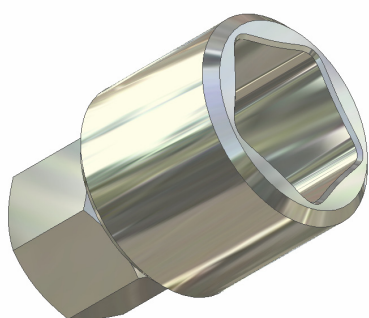
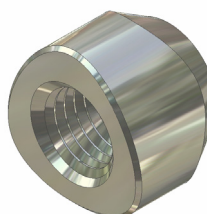
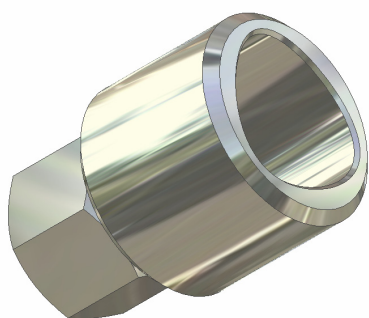
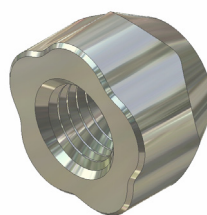
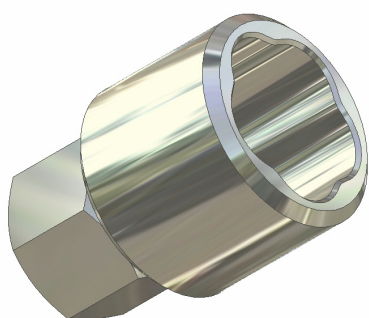
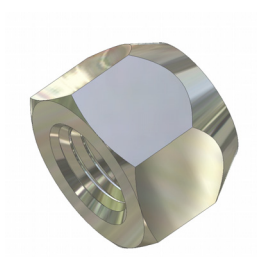
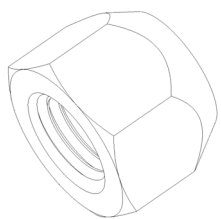
A tervezés szakaszában a rendkívül széles profilválaszték hagyományos kézi szerkesztéssel gyakorlatilag nem kezelhető. A számítógéppel segített tervezési rendszerek (CAD) megfelelő segédprogramok megírásával alkalmassá tehetők a profilok és felületek hatékony kezelésére. Több számítógépi programot is készítettünk melynek segítségével a (forma)tervező gyorsan ki tudja választani a számára megfelelő alakot, és 3D-s modellt tud készíteni.

Természetesen a tervek alapján megfelelő minőségben és gazdaságosan le kell gyártani az alkatrészeket. A gyártást szintén számítógépi programok támogatják. A felületek gyártásához használhatók bolygó forgácsoló mozgással dolgozó szerszámgépek és számítógép-vezérlésű (CNC) szerszámgépek [26].

A 84. ábrán csavarfej-kialakításra a 85. ábrán csavaranya-kialakításra mutatunk be példát. A 86. ábrán prototípus termékek láthatók. Az ábrákon a felső sorban az eredeti kötőelemek modellje látható.



84. ábra Biztonsági csavarok és kulcsok 3D-s modellje





86. ábra Az elkészült prototípus termékek

11.2. Dekoratív felületek

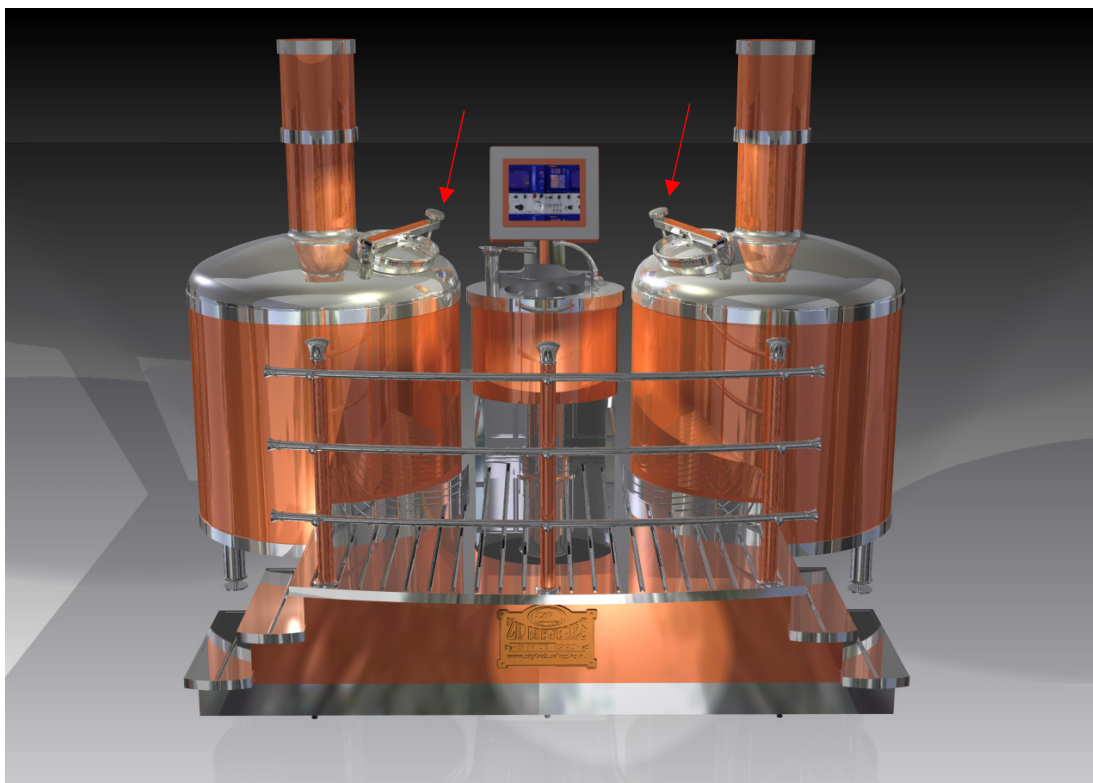
11.2.1. Kézi marokgombok©

Henger, tóruszfelületek és ciklois keresztmetszetű felületek áthatásával kedvező alakú marokgombok, kézikerekek, zárókupakok hozhatók létre.

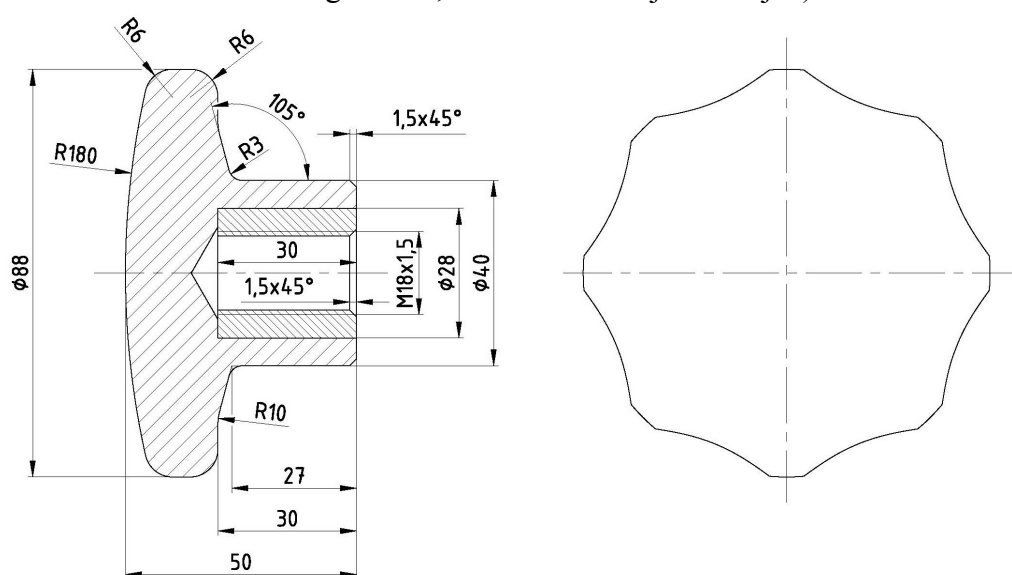
Példaként boripari (söripari) tartályok búvónyílás (kezelőnyílás) fedeleit működtető kézi csillagfogantyút mutatunk be. Ebben az esetben általában műanyag fröccsöntött kézikerekeket használnak, melyek karcolódnak, nehezen tisztíthatók és nem esztétikusak.

Kis sorozatok esetén forgácsolással a legkülönbözőbb fémötvözetekből gyárthatunk esztétikus, könnyen tisztítható, ergonomikus marokgombokat. Nagyobb sorozat esetén célszerű precíziós öntést, alkalmazni, majd a felületeket csiszolni és polírozni. Ausztenites króm-nikkel acélból készült csillagfogantyú beépítésre látunk példát a 87. ábrán.

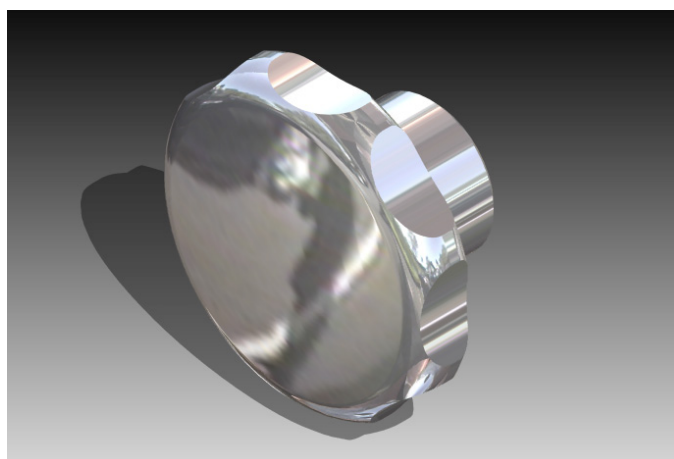
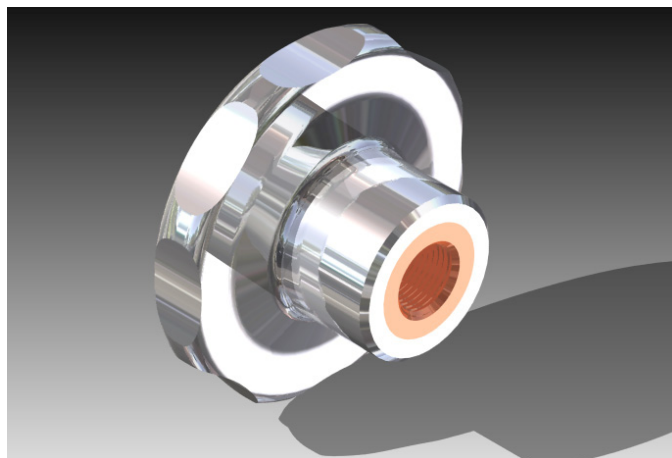
A konstrukciós kialakítás a 88. ábrán, testmodell a 89. ábrán látható (a menet berágódásának elkerülésére a marokgomb bronz perselyt kapott). A 90 ábrán szériában legyártott króm-nikkel acélból legyártott, polírozott marokgombot láthatunk.



87. ábra Főzőház látványterve. A kezelőnyílások működtetése Helygon felületű polírozott króm-nikkel acélból gyártott marokgombokkal. (Tervező: Kövesi Levente vezető tervező mérnök, Zip Technologies Kft., Alkalmazás: Kijev Ukrajna)



88. ábra A marokgomb konstrukciós kialakítása



89. ábra A marokgomb 3D-s modellje



90. ábra Szériában legyártott marokgomb

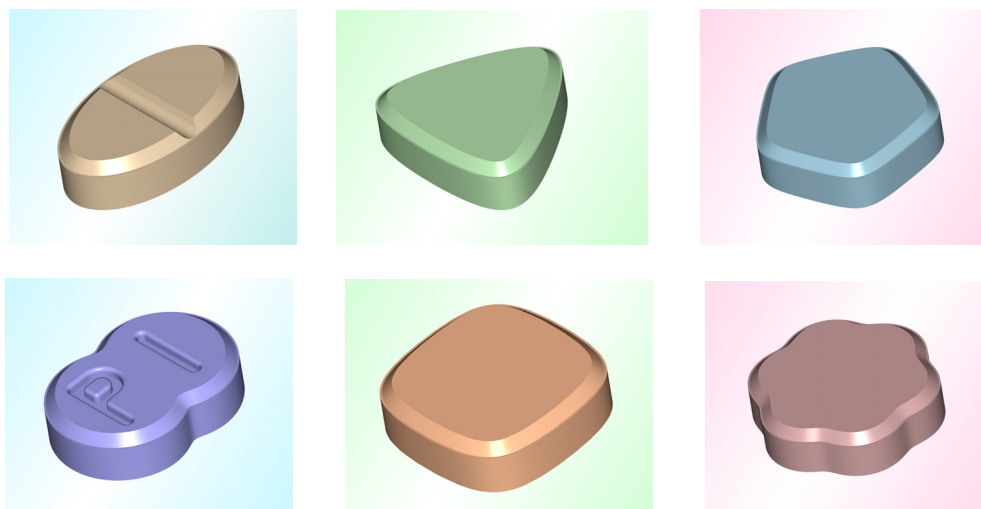
11.2.2. Sokszögletű tabletták©

Gyógyszereknél és élelmiszeripari termékeknél a kör keresztmetszetű tabletták mellett egyre elterjedtebben gyártanak alakos tablettákat. Gyógyszerek esetén az alakos tabletta nagy segítséget nyújthat a vakoknak, gyengénlátóknak a biztos felismerésben. Folyamatosan szedett, de ciklikusan változó hatóanyagú tabletták esetén eltérő alakkal biztosan elkülöníthetők a tablettacsoportok. Egyes alakok kedvezőbb, anyagtakarékos csomagolást tesznek lehetővé, csökkentve a tárolási, szállítási költségeket is (25., 26).

Cukorkák, és egyéb élelmiszeripari termékek esetén az esztétikus tablettaforma a forgalmazás szempontjából lehet előnyös. Az újdonságként bemutatott tabletta alak kialakítás azon a felismerésen alapul, hogy a zárt hipociklois és epiciklois síkgörbék harmonikus, töréseket nem tartalmazó alakot adnak, rendkívül széles, egymástól jól elkülöníthető alakválasztékkal, és a tablettázó szerszámok alakos felületei is megfelelő pontossággal és felületi minőséggel legyárthatók bolygó alakképző mozgást alkalmazó, vagy CNC pályavezérléssel rendelkező szerszámgépeken.

A tabletták homlokfelülete –az alaktól függetlenül– lehet sík, illetve különböző alakú domború vagy homorú felület. A homlokfelületen kialakíthatók jelölések, feliratok. Az alakválasztást és a tablettázó szerszámok tervezését számítógépi szakértői rendszer támogatja. A program számítja a profil geometriai jellemzőit, és grafikai megjelenítést biztosít a tervezés különböző fázisaihoz. A szerszámtervezéshez és a technológia kidolgozásához külön programmodulok nyújtanak segítséget. A tabletták 3D modellezése és a szerszámok 2D műhelyrajzai CAD rendszerben készülnek. A tablettázó szerszámelemek anyaga ötvöztött szerszámacél. A matrica anyagminősége: X210Cr12, az alsó- és felsőbélyeg anyagminősége: 90MnV2.

A 91. ábra hipo- és epiciklois keresztmetszetű tabletták 3D-s CAD modelljeit mutatja. A 92., 93., 94. ábrán legyártott laboratóriumi tablettázó szerszámok, a 95. ábrán a tablettázó bélyegek homlokfelületét képlékenyen kialakító mesterbélyeg szerszám a 96. és 97. ábrán professzionális tablettázó szerszám készletek láthatók



91. ábra Hipo- és epiciklois keresztmetszetű tabletták CAD modelljei



92. ábra Voltaren 75 mg laboratóriumi tablettázó szerszám (BIOGÁL Rt. 1995)



93. ábra Augmentin 375 mg laboratóriumi tablettázó szerszám (BIOGÁL Rt. 1995)



94 ábra Amoxycillin 750 mg laboratóriumi tablettázó bélyegek (BIOGÁL Rt. 1995)



95. ábra Mesterbéllyeg szerszám HHE5 (GÉNIUS'96 Találmányok és Újdonságok Nemzetközi Kiállítása, Budapest)



96. ábra Tablettázó szerszámkészlet HHE3 (GÉNIUS'96 Találmányok és Újdonságok Nemzetközi Kiállítása, Budapest)



97. ábra Tablettázó szerszámkészlet HHE5 (GÉNIUS'96 Találmányok és Újdonságok Nemzetközi Kiállítása, Budapest)

11.2.3. Fából, kőzetből készült dekoratív felületek

A nyomatékátvitelre használt felületeken (melyek a talán a legnagyobb jelentőségűek) túlmenően a bolygómozgással generált felületek a legkülönbözőbb dekoratív felületet kívánó alkalmazásoknál használhatók rendkívül széles területen (6. fejezet). Természetesen ebben az esetben is fontos a gazdaságosság kérdésének vizsgálata, mivel a megmunkálást nem elég megvalósítani, hanem az adott feladathoz gazdaságosan kell megvalósítani. Gazdaságosság szempontjából fémötvözetek megmunkálására alkalmas munkadarab-mozgatású egyetemes eszterga alkalmazhatósága korlátozott.

Az alkalmazási feltételek elemzése alapján kell kifejleszteni a megfelelő CNC vezérlésű szerszámgépet. A megmunkáló szerszám lehet maró, köszörű, szalagsziszoló stb. a bolygó mozgás lehet főmozgás vagy mellékmozgás. A szerszámmozgatást célszerű kéttengelyes pályavezérléssel megoldani. További szinte korlátlan alakválasztékot kapunk, ha a profilt összetett bolygómozgás hozza létre [5]. A szerszámérintkezéstől függően a profilok nem kötelezően matematikai cikloisok, hanem csak ehhez hasonlító síkgörbék.

Ha nem közvetlenül a felületeket munkáljuk meg csak a tárgyak előállításához szükséges szerszámokat (üveg-, műanyag-, kerámiaipari szerszámok stb.) a megmunkáláshoz –a matematikai testmodellek ismeretében- használhatunk 3-4 tengelyes CNC vezérlésű szerszámgépeket, CNC vezérlésű huzal- és tömbszakraforgácsológépeket.

Összefoglalva: A bolygómozgással generált felületek matematikai leírásával, CAD rendszer alá írt számítógépi programokkal –melyek rendelkezésre állnak-a formatervezőknek egy teljesen új formavilág áll rendelkezésre. A korrekt matematikai leírás lehetővé teszi a gyors számítógépi modellezést, gyors prototípus, illetve CAM rendszerrel CNC programok automatikus létrehozását.

Adott feladat megfelelő pontosságú, felületminőségű, gazdaságos megvalósításához, azonban szerszámgép, szerszám, mérőeszköz stb. fejlesztésre van szükség, melyhez nem csak szellemi, hanem anyagi erőforrásokra is szükség van.

Példaként munkadarab-mozgatású esztergagépen fából megmunkált kiváló felületi minőségű tárgyakat láthatunk (98., 99., 100., 101. ábra). Megállapítható, hogy számítógéppel pontos matematika szerint tervezett forgácsolókésekkel egészen speciális felületek megmunkálhatók (csúcsos csavart hipo- és epicikloisok) kis forgácsoló sebesség mellett is. A 102. ábra a munkadarab mozgatású gép rendkívüli alakképzési lehetőségét mutatja be.



98. ábra Fából megmunkált balra csavart HHE3 profilú felület



99. ábra Különböző egyenes és csavart alkotójú felületek



100. ábra Különböző egyenes és csavart alkotójú felületek



101. ábra Különböző egyenes és csavart alkotójú felületek



102. ábra Kupa Helygon sokszögfelületekkel (Tervező: Gellért Károly)

Források

1. Gellért Károly: Sokszögeszterga működése és leírása Magyar szabadalom GE-638, 1968.
2. Károly Gellért: Turning machine for machining workpieces of multicontoured configurations United States Patent, 3.593.603, 1971.
3. Tajnafői J.-Gellért K.: Késtartó szerkezet sokszögfelületek megmunkálására Magyar szabadalom Lajstromszám: 6613 1981.
4. Kövesi Gyula: Poligon felületek megmunkálása bolygó főmozgást végző határozott élű szerszámmal. Egyetemi doktori értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc, 1995.
5. Dr. Kövesi Gyula: Mozgásrendszer és eljárás alakos felületek létrehozására. Feltaláló társak: Dr. Kövesi Gy.-né-Kovács Gy. Használati mintaoltalom Lajstromszám: HU 1138 U . Magyar Szabadalmi Hivatal, Budapest, 1997.
6. Dr. Kövesi Gyula: E400S típusú sokszögeszterga teljes műszaki gyártási dokumentáció. Megbízó: Szerszámgépipari Művek, Budapest, Nehézipari Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, Miskolc, 1979.
7. Dr. Kövesi Gyula: Kezelési útmutató az E400-S típusú (Gellért-system) sokszögeszterga üzemeltetéséhez. Nehézipari Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, Miskolc, 1979.
8. Dr. Kövesiné Dr. Fazekas Erzsébet: Szerszámgeometria hipo- és epiciklois keresztmetszetű egyenes alkotójú felületek megmunkálásához. Egyetemi doktori értekezés, Miskolci Egyetem, Ábrázoló Geometriai Tanszék, Miskolc, 1995.
9. Dr. Kövesi Gy.-Dr. Kövesiné Dr. Fazekas E.: HELYGONSOFT MUNKADARABMOZGATÁS'2000, Számítógépi szoftver magyar nyelvű verzió, Pro INVENT Mérnökiroda Kft., Miskolc, 2000. (E-mail: proinvent@chello.hu).
10. Dr. Kövesi Gy.-Dr. Kövesiné Dr. Fazekas E.: HELYGONSOFT WORKPIECE-MOTION'2000, Számítógépi szoftver angol nyelvű verzió, Pro INVENT Mérnökiroda Kft., Miskolc, 2000. (E-mail: proinvent@chello.hu).
11. Kövesi Levente: Bolygómozgással generált felületek alkalmazása az általános gép- és terméktervezésben. PhD kutatási téma, abszolutóriumot szerzett hallgató, Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskola, Miskolci Egyetem.
12. Kövesi Levente: Application of hypo- and epicycloid surfaces in the general machine- and product planning. 4th International Conference of PhD Students. 11-17 August, 2003.

13. Kövesi Levente: Modelling of Polygon surfaces by means of a computer. microCAD 2003. International Scientific Conference 6-7 March 2003.
14. Kövesi Levente: Mathematical bases of modelling the hypo- and epicycloid surfaces by means of a computer. GÉP, LIII. évfolyam 2002.11.
15. Kövesi Levente: Bolygómozgással generált felületek alkalmazása az általános gép- és terméktervezésben, Gép, LI. évfolyam 2000.11.
16. Kövesi Levente: Shape of tablet having polygon cross section and tableting tools. OGÉT 2003. 11th International Conference in Mechanical Engineering. Kolozsvár, 8-11 May 2003
17. Kövesi Levente: Összetett bolygómozgással származtatott felületek modellezése. ME Doktorandusok Fóruma 2002
18. Kövesi Levente: Sokszögműködő mechanizmusok geometriai- és kinematikai modelljei, ME Doktorandusok Fóruma 2001.
19. Kövesi Levente: Bolygómozgással generált felületek alkalmazása az általános gép- és formatervezésben, Budapest "Tudományunkról Diákszemmel" (Oktatási Minisztérium: a kiállítás legérdekesebb plakátjának alkotója, Miniszteri elismerő oklevél), 2000.11.6.
20. Kövesi Levente: Poligon keresztmetszetű modellek létrehozása CAD-rendszerben. ME, Doktorandusok Fóruma 2000.10.30.
21. Fortuna Gépgyár Szerzői Munkaközössége: Poligonkötések Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967.
22. Dr. Kövesi Gyula: CM 80 típusú extruder csigák javítási technológiájának kidolgozása Megbízó: BorsodChem Rt. Műanyagfeldolgozó Gyár, Kazincbarcika, Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszék, Miskolc, 1992.
23. Dr. Kövesi Gyula: TRUSIOMA E295 típusú extruder gép törött extruder csigájának javíthatósági vizsgálata és kísérleti javítása Megbízó: GRAFOL Vegyipari Kft. Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszék, Miskolc, 1993.
24. Dr. Kövesi Gyula: Nyomatékvivő felületen sérült extruder csiga javítása tengelycsukló toldással Megbízó: POLY-PLATT Műanyagfeldolgozó és Kereskedelmi Kft., Kazincbarcika, Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszék, 1993.
25. Dr. Kövesi Gyula: Poligon keresztmetszetű tabletták alak. Feltaláló társak: Dr. Fazekas E.-Szőke Zs., Használati Minta, Lajstromszám: HU 1138 U., Magyar Szabadalmi Hivatal, Budapest, 1997. A Használati Minta hasznosítója: Pro INVENT Mérnökiroda Kft., Miskolc.

26. Dr Kövesi Gyula-Dr. Kövesiné Dr. Fazekas Erzsébet: Gyógyszeripari szerszámok fejlesztése és kísérleti gyártása Megbízó: Bi-Forg. Forgácsoló és szolgáltató Kft., Debrecen, Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszék, Miskolc, 1994.
27. Dr. Kövesi Gyula: Gépipari alkatrészgyártás és szerelés technológiai tervdokumentáció készítésének számítógépes támogatása, Elektronikus jegyzet, <http://mek.oszk.hu/04700/04767> Miskolci Egyetem, 2005.
28. Dr. Kövesi Gyula.-Kövesi Levente: Biztonsági kerékcavar, csavaranya és kulcs. Műszaki leírás és rajzdokumentáció minősítő jel használatának engedélyezéséhez, Pro INVENT Mérnökiroda Kft., Miskolc, 2007.