

ÓBUDAI EGYETEM

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

Gépgyártástechnológiai Szakcsoport



Egyedi menetalakító szerszám tervezése

Szerző: Sztancs András

Konzulens: Horváth Richárd

2012. október

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Képlékeny menetalakítás	5
3. Egyedi menetformázó szerszám tervezése	9
3.1. Paraméterek felvétele.....	11
3.2. Poligon.....	12
3.3. Kúpos test	17
3.4. Menetes test	23
3.5. Kenőhorony	29
4. Összefoglalás	32
5. Felhasznált irodalom.....	34
6. Melléklet	35

1. BEVEZETÉS

A TDK dolgozatom célja egy egyedi menetalakító szerszám megtervezésének bemutatása. A menetalakító eljárások az anyag képlékeny alakításával állítják elő a menetet, három fajtája ismert: a menetmángorlás és a menethengerlés külső menetek, a menetformázás belső menetek kialakítására alkalmas technológia. Az általam tervezett szerszám egy egyedi menetformázó szerszám.

A menetformázó szerszámok leginkább a menetfűrészek felépítéséhez hasonló, azzal a különbséggel, hogy a menetformázóknak nincs vágóélük. A menetformázó szerszám jellegzetessége továbbá, hogy a szerszám alakító részének a metszete poligon alakú, ez a poligon jellemzően három, négy, vagy öt csúccsal rendelkezik. A hagyományos menetformázó szerszám egy poligon alapú egyenes hasáb, amelyben a kívánt menetemelkedésű és menetprofilú menet van kimunkálva. A szerszám a befogáshoz szükséges hengeres szárban folytatódik.

Miben tér el a dolgozatban tervezett menetformázó szerszám a hagyományos menetformázótól, mitől is lesz egyedi? A tervezett menetformázó egyediségét az adja, hogy – ellenben a hagyományos szerszámmal – itt a poligon alapú hasáb nem egyenes, hanem egy bizonyos szöggel meg van csavarva. Az eltérést leginkább az egyenes- és a ferdefogú palástmarókhoz lehetne hasonlítani, ahol is a tervezett menetformázó a ferdefogú palástmarónak felel meg. Az ilyen csavart menetformázó elképzelése is leginkább a ferdefogú palástmarók analógiája alapján született, ugyanis a ferdefogú palástmarók több kedvezőbb megmunkálási adatot is mutatnak az egyenesfogú palástmarókkal szemben (kisebb erőingadozás, kisebb rezgések, jobb felületminőség), és éppen ezeket az előnyöket várjuk az egyedi menetformázó szerszámtól is a hagyományos menetformázóhoz képest.

Fontos kihangsúlyozni, hogy ilyen, a dolgozatban tervezett menetalakító szerszám tudomásom szerint még nem létezik, így ha a hozzá fűzött elvárások beteljesülnének, akkor az egyedülálló siker lenne. Az egész dolgozat alapja és kiindulópontja az az elképzelés, miszerint a „megcsavart” menetformázó szerszámmal végzett megmunkálás esetleg kedvezőbb technológiai adatokat ad, mintha hagyományos menetformázóval végeznénk, konzulenseim sokéves tapasztalatainak eredménye. Hogy ebből az elméleti elképzelésből gyakorlati visszaigazolást is kapjunk, ahhoz a szerszámot először meg

kell tervezni (le kell modellezni), majd egy partner cég segítségével le kell gyártatnunk, végül a megfelelő kísérletekkel alá kell támasztani, be kell bizonyítani a feltevéseket. Ezen lépések végigkövetésével juthatunk el egy új, jobb menetformázó szerszám elképzelésétől egy eddig ismeretlen szerszám bevezetéséig a menetgyártásban.

Dolgozatom e lépések közül az elsővel – a tervezéssel – foglalkozik részletesen. A szerszám legyártása és a legizgalmasabb, mindent eldöntő fázis, a próbaalakítás, és a tervezett menetformázó szerszám technológiai adatainak összehasonlítása egy hagyományos menetformázó szerszám adataival még várat magára, az majd egy további munka része.

A továbbiakban tájékoztató jelleggel, röviden ismertetem a képlékeny menetalakító eljárásokat, ezután rátérek az egyedi menetalakító szerszám tervezéséhez (modellezéséhez) szükséges egyes lépések részletezésére.

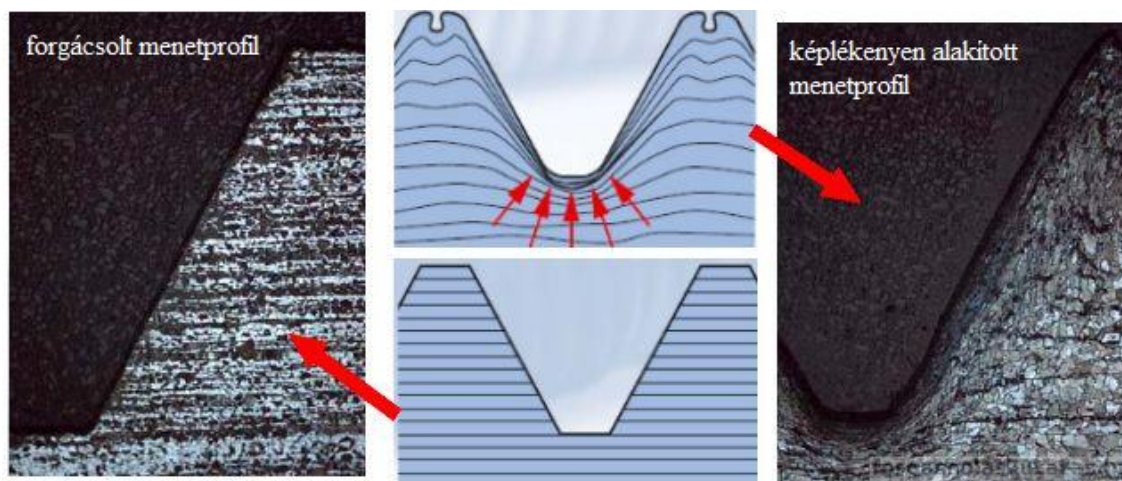
2. KÉPLÉKENY MENETALAKÍTÁS

A menetek előállítása történhet forgácsolással, illetve képlékeny alakítással. A forgácsoló műveletek – mint ahogy azt a nevük is elárulja – anyag, forgács leválasztásával alakítják ki a megfelelő profilt, ellenben a képlékeny menetalakító eljárásokkal, ahol anyagleválasztásra nem kerül sor.

A képlékeny menetalakító eljárások során a kiindulási átmérőjű előgyártmányra/előgyártmányba (csap, furat) a menetet megfelelő geometriájú szerszámok, forgácsleválasztás nélkül, meghatározott erővel, a megmunkáló gép kinematikája által meghatározott úton, képlékenyen belesajtolják a munkadarabba.

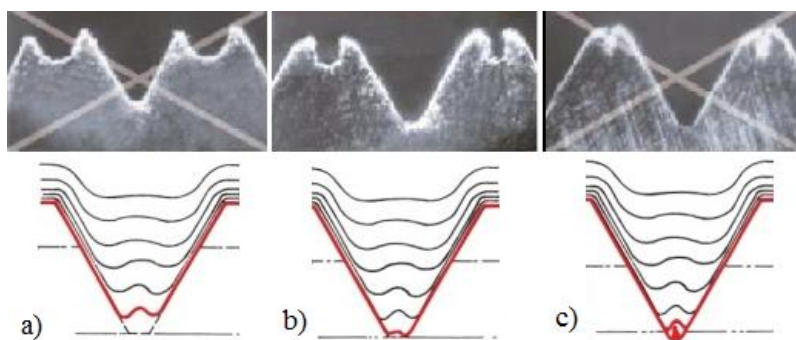
A technológiának köszönhetően az eljárásnak, és a képlékenyen alakított menetnek számos előnye van [1]:

- nem keletkezik forgács;
- nagy termelékenység;
- megfelelő pontosság;
- a menetprofil oldala jó érdességű;
- a forgácsolással szemben a szálakat nem vágja át, ezért kedvezőbb a szálelrendeződés (2.1. ábra);
- a forgácsolással előállított menetekkel szemben akár 20%-kal nagyobb terhelést bír el a kedvező szálelrendeződés, és az alakításból adódó felkeményedés miatt;
- akár kétszer nagyobb ellenállás a fárasztó- és dinamikus terhelésekkel szemben;
- a szerszám kisebb kopása.



2.1. ábra. A forgácsolt és képlékenyen alakított menetprofil szálelrendeződése [2].

A képlékeny menetalakító technológiák hátránya, hogy a csap (külső menet esetén), vagy a furat (belső menet esetén) kiindulási átmérőjének megfelelően pontosnak kell lennie. A nem megfelelő kiindulási átmérő a szerszám túlterhelését, vagy pedig a menet nem pontos kialakítását okozza. Külső menet esetén a túl nagy kiindulási átmérő szerszám túlterhelést, a túl kicsi átmérő pedig a nem teljes menetprofil létrejöttét eredményezi. Belső menet készítése esetén éppen fordított a helyzet, a túl nagy kiindulási furatátmérő nem teljes menetprofilhoz, a túl kicsi kiindulási furatátmérő pedig a menetformázó szerszám túlterheléséhez vezet. A hibás, illetve a helyes kiindulási átmérőből kialakított menetprofilok az alábbi ábrán láthatóak (2.2. ábra). A képlékenyen alakított menetekre jellemző, hogy a menetprofil csúcsa úgynevezett csipkés alakú lesz, de ez a menet működését és meghatározó méreteit nem befolyásolja.



2.2. ábra. a) csonka menetprofil b) helyes menetprofil
c) túlzott menetprofil (szerszám túlterheléshez vezet).

A képlékeny menetalakító technológiák további hátránya, hogy az alakítható anyagok köre korlátozott. A 6% szakadási nyúlás alatti, és 1300 MPa szakítószilárdság feletti anyagok képlékeny hidegalakítása hagyományos szerszámokkal nem valósítható meg. Minél kisebb a munkadarab szakadási nyúlása, annál nagyobb lesz a szerszám kopása.

Képlékeny menetalakítással a következő anyagok munkálhatóak meg kedvezően:

- erősen ötvözött korrózió- és saválló acélok;
- alumínium és ötvözetek;
- réz és ötvözetek;
- egyes lágy Ti-ötvözetek.

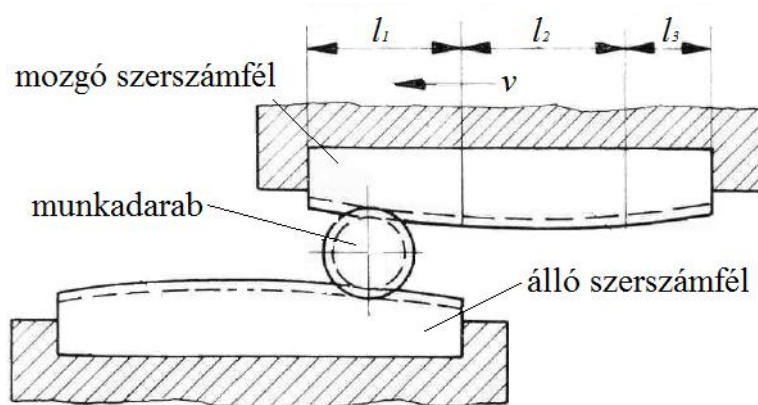
Továbbá képlékeny menetalakításra nem ajánlott anyagok:

- különösen rideg anyagok (pl. szürkeöntvények);
- különösen puha anyagok (pl. ólom).

Három képlékeny menetalakító eljárás ismert:

- menetmángorlás;
- menethengerlés;
- menetformázás.

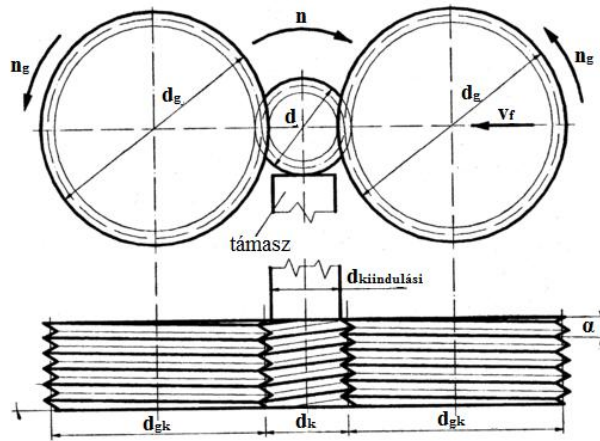
A menetmángorlás külső menetek képlékeny úton történő előállítására alkalmas technológiai eljárás. A menetmángorló szerszám két, közel sík, tömör lapból áll, amelyeken a kialakítani kívánt csavarprofil kiterített hossza van kimunkálva. Az egyik szerszámlap mereven rögzítve van a megmunkológép gépasztalán, ez az álló lap. A másik lapot egy forgattyús hajtóművön keresztül a gép főtengelye hajtja, ez a mozgó lap. A mozgó lap lineáris, alternáló mozgást végez. A menetmángorló gép leginkább egy harántgyaluhoz hasonlítható, ahol a mozgó lap a kosra van felszerelve. A mozgó szerszámfél az álló szerszámfélhez képest párhuzamosan mozog, és a két szerszámfél közé helyezett, megfelelő kiindulási átmérőjű munkadarabba képlékenyen belemunkálja a menetet (2.3. ábra).



2.3. ábra. A menetmángorlás folyamata [3].

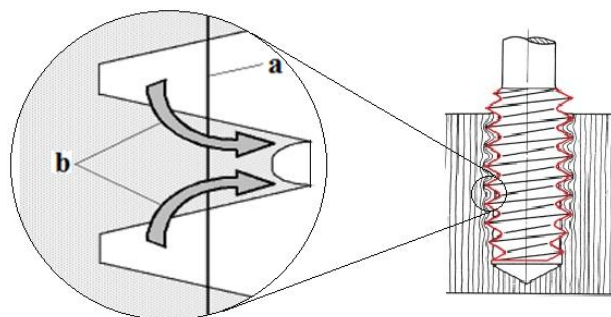
A menethengerlés külső menetek képlékeny alakítására alkalmas technológiai eljárás. A menethengerlés szerszáma két párhuzamos tengelyű görgő, amelyek a kialakítani kívánt menet ellenprofilját tartalmazzák. A két görgő azonos irányban forog, közéjük kerül a hengeres előgyártmány, melynek forgásiránya az alakítási erők hatására a görgőkkel ellentétes. Az előgyártmány megfelelő alátámasztást igényel, hogy megmunkálás során szabadságfokait minél inkább lecsökkentsük, ezzel elkerülve, hogy az alakítás során elmozduljon, vagy az igénybevételek hatására eltörjön. Az egyik görgő v_f erővel belenyomódik a munkadarabba, miközben forog, a másik görgő fix rögzítésű, de a saját

tengelye körül forogni képes, közben a v_f erővel szemben ellentart. A görgők által kifejtett erők hatására a menetprofil a munkadarabba nyomódik (2.4. ábra).



2.4. ábra. A menethengerlés elvi vázlata.

A menetformázó belső menet forgács nélküli előállítására alkalmas szerszám. A menetformázás a menetprofilnak egy csavar alakú hatásfelülettel rendelkező szerszámmal való belepréselése a munkadarabba. A csavar alakú, poligon keresztmetszetű menetformázót eközben egy egyenletes, a menetemelkedésnek megfelelő előtolással az előfúrt furatba csavarják bele. Eközben a menetprofil fokozatosan belenyomódik a furatba, ezáltal az alakítási zóna feszültsége átlépi a folyáshatárt, és a munkadarab anyaga képlékenyen alakul. A munkadarab anyaga eközben radiális irányban kitér, és az így kiszorított anyag a szerszám szabad menethézagába áramlik, és így kialakítja a menetprofil magátmérőjét. [4] A menetalakítás folyamata az alábbi ábrán (2.5. ábra) látható. Az ábra jól szemlélteti, hogyan alakul ki a menet a kiindulási átmérőből (a), és az is látható, hogy az áramló anyag (b) nem tölti ki teljesen a menetformázó hézagait, ami viszont nincs befolyással a menet működésére. [5]



2.5. ábra. A menetformázás folyamata: a - kiindulási átmérő; b - anyagáramlás iránya.

3. EGYEDI MENETFORMÁZÓ SZERSZÁM TERVEZÉSE

A menetformázó szerszámot a CATIA v5r20 modellező rendszerben terveztem. A modellezés során a Mechanical Design modulon belül a Part Design munkatérben, a Shape modulon belül a Generative Shape Design munkatérben dolgoztam. Ezek egy korszerű modellező rendszer legalapvetőbb moduljai, így a szerszám szükség esetén a megfelelő parancsok ismeretében megtervezhető egy másik 3D CAD rendszerben is. Ebben a fejezetben a tervezés egyes lépéseit fogom részletesen ismertetni, amelyek végigkövetésével jó esetben az alább látható menetformázó szerszámot kapjuk eredményül (3.1. ábra).



3.1. ábra. Az egyedi menetalakító szerszám 3D-s modellje.

A szerszámnak természetesen több meghatározó mérete is van, én az alábbi méretek alapján fogom végigvezetni a tervezés folyamatát. Az egyes méretek jelöléseinek magyarázata 1. sz. mellékleten látható.

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| - $n = 3$ | - $\lambda = 55^\circ$ |
| - $\varepsilon = 0,05$ | - $\alpha = 10^\circ$ |
| - $D = 20 \text{ mm}$ | - $h1 = 50 \text{ mm}$ |
| - $p = 2,5 \text{ mm}$ | - $h2 = 150 \text{ mm}$ |

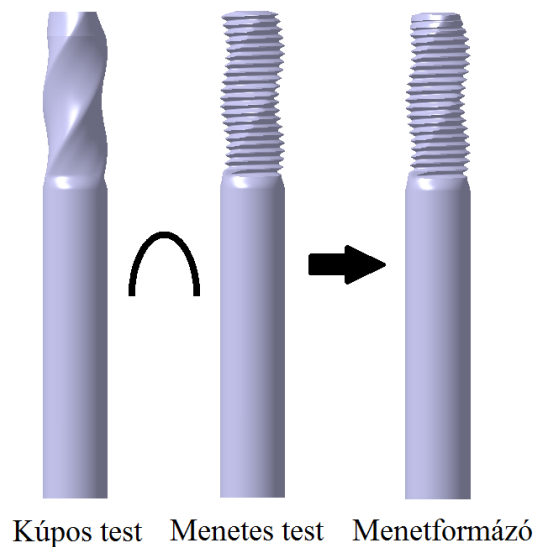
A CATIA rendszer előnyös tulajdonsága, hogy parametrikus, így elég egyetlen szerszámot lemodellezni, a fenti paraméterek megfelelő helyre való bevitelével, azok átírásakor a 3D-s modell is változik. Ez a parametrikusság az imént felsorolt összes paraméterre igaz, kivéve n -t (a poligon csúcsainak száma), ennek okára a későbbiekben

még kitérek, a lényeg az, hogy a következő modell konkrétan a háromcsúcsú poligon szerszám tervezését mutatja be, de ez könnyen átalakítható tetszőleges számú csúccsal rendelkező poligon szerszámmá. Hogy a tervezés mely fázisaiban kell apróbb módosításokat ejteni, hogy más csúcsszámot kapjunk, mindig hangsúlyozni fogom.

A csúcsok számának kivételével viszont a fenti paraméterek mindegyike szabadon változtatható bizonyos – a geometria által megszabott – korlátokon belül. Ilyen korlátok alatt értem a csúcsok száma (n) és a relatív excentricitás (ε) közötti viszonyt (minél nagyobb a csúcsok száma, annál kisebb a megengedhető relatív excentricitás), az átmérő (D) és a menetemelkedés (p) közötti viszonyt (pl. 10 mm-es átmérőhöz nem engedhető meg 2,5 mm-es menetemelkedés, igaz, hogy nem is szabványos), továbbá a megcsavarodás szöge (λ) sem mehet bizonyos érték alá ($\sim 45^\circ$), mert ilyen testbe geometriailag lehetetlen belemunkálni a menetprofil úgy, hogy a szerszámnak maradjon élszalagja, túl kicsi λ érték esetén ugyanis a poligonmetszet gyakorlatilag kifordul a menetprofil alól. A λ felső értéke is korlátozott ($89,9^\circ$), mivel – a későbbiekben majd látni fogjuk – λ paramétert $\tan(\lambda)$ formában visszük be a rendszerbe, és mivel $\tan(90^\circ)$ nem értelmezhető, ezért csak megközelíteni lehet ezzel a modellel a hagyományos menetformázó szerszámok egyenességét.

A tervezett szerszám metrikus (normál és finom) menet alakítására alkalmas, de a menetprofil a megfelelő helyen más profilra is átszerkeszthető.

A tervezés négy viszonylag jól elkülöníthető fázisra bontható, ezért bemutatni is ezek szerint fogom a folyamatot. Mind a négy fázis egy-egy új testben készül majd el, de ezt a későbbiekben még részletezem. A modellezést a paraméterek felvételével indítom, majd következik az első fázis, a poligon megrajzolása a megfelelő egyenlet és a szükséges pontok bevitelével. Ez a poligon lesz az alapja a következő két fázisnak (testnek). A második fázis egy olyan csavart poligontest tervezése, aminek a végén ki van alakítva egy bekezdőkúp. A harmadik fázis egy csavart poligontest kialakítása, amin nincs kúp, viszont rajta van a megfelelő menet. Végül a második és a harmadik lépésben szerkesztett testeknek vesszük a közös részét, metszetét, így kapjuk meg a kész menetformázó szerszámot (3.2. *ábra*). Utolsó lépésben szerkesztjük meg a kenőhornyokat, amelyek szükségessége szintén parametrikusan állítható.



3.2. ábra. A kúpos test és a menetes test metszete adja majd a menetformázót.

3.1. Paraméterek felvétele

A tervezést érdemes a paraméterek felvételével kezdeni, hogy későbbiekben ezzel már ne kelljen foglalkozni. Lépünk be a *Start* => *Mechanical Design* => *Part Design* munkatérbe, és ott keressük meg a *Formula* parancsot. Ha rákattintunk, akkor a megjelenő ablakban adhatjuk meg a felvenni kívánt paraméterek nevét, értékét (amit később módosíthatunk), mértékegységét, és szükség esetén a paraméter egyenletét, ami alapján a rendszer számolja a paraméter értékét. Új paramétert a *New Parameter of type*-val adhatunk meg, ügyelve arra, hogy a paraméter mértékegysége megfelelő legyen. Ebben a feladatban négy féle mértékegységű paramétert használunk: *Lenght* (mm), *Angle* (deg), *Real* (-), *Boolean* (true/false). A *Real* mértékegység nélküli paraméter, a *Boolean* logikai igaz/hamis paraméter, aminek a hasznát majd a kenőhoronynál vesszük, a *Lenght* és az *Angle* a mértékegysége alapján értelemszerűen a hosszúság és a szög.

Hogy a paraméterek és a későbbi egyenletek a tervezési fában is megjelenjenek, a *Tools* => *Options...* => *Infrastructure* (bal oldali fa) => *Part Infrastructure* => *Display* (fül) részénél jelöljük be a *Parameters* és a *Relations* lehetőségeket.

Az imént leírtak alapján vegyük fel a szükséges paramétereket az alábbi ábra szerint (3.3. ábra). Mértékegység nélküli paraméter lesz az ε és a 'Csavarás iránya'; hosszúság lesz a D , p , h_1 , h_2 ; szögparaméter a λ és az α ; igaz/hamis paraméter pedig a

'Kenőhorony'. A 'Csavarás iránya' paraméter felvételénél arra ügyeljünk, hogy két *Real* értéket vegyünk fel (*Multiple Values*), mégpedig 0-t, és 1-et. Ez a paraméter a szerszám megcsavarodásának irányát fogja tudni változtatni.

Formulas: Csavart_menetformázó_3

Filter On Parameters
Filter Name:
Filter Type: All

Double click on a parameter to edit it

Parameter	Value	Formula	Active
ε	0,05		
D	20mm		
p	2,5mm		
λ	55deg		
α	10deg		
h1	50mm		
h2	150mm		
'Kenőhorony'	true		
'Csavarás iránya'	0		

Edit name or value of the current parameter

ε 0,05

New Parameter of type Real With Single Value

Delete Parameter

Add Formula

Delete Formula

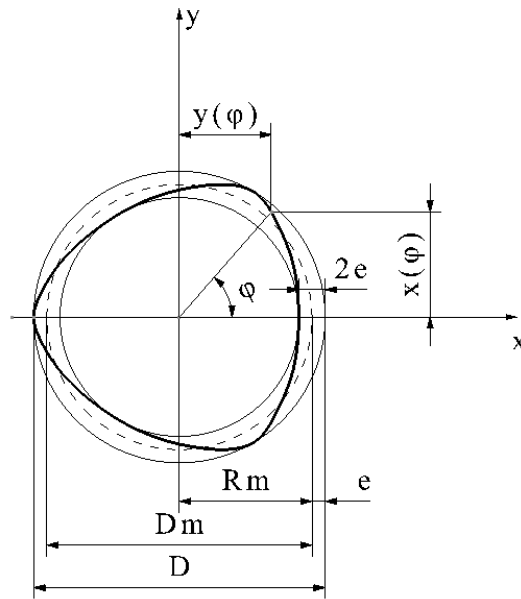
OK Apply Cancel

3.3. ábra. A paraméterek felvételének mintája.

3.2. Poligon

A valódi modellezés a szerszám poligonmetszetének szerkesztésével kezdődik. Viszont mielőtt erre rátérnénk, érdemes néhány alapvető információt tisztázni a poligonprofillal kapcsolatban.

A poligonprofilt két mérete határozza meg, mégpedig a D_m ($D_m = 2R_m$) és az e , illetve ezek viszonya, az e/D_m viszony. Az e/D_m viszonyt relatív excentricitásnak (ϵ) is nevezik. A nagy e/D_m viszony egy hegyes, a kis e/D_m viszony közelítőleg egy kör profilt eredményez. Ha az excentricitást (e) egy állandó D_m érték mellett növeljük, akkor egy bizonyos értéktől a profil sarkainál a lekerekítések csúcsokká változnak. Ezt az excentricitást határexcentricitásnak is nevezik. [6] A poligonprofilt és fő méreteit az alábbi ábra (3.4. ábra) szemlélteti. A poligonprofil tulajdonságait egy háromcsúcsú profilon ismertetjük, de ugyanúgy érvényesek a többcsúcsú profilokra is.



3.4. ábra. A poligonprofil meghatározó méretei.

A poligonprofil egyenlete a következő [6]:

$$x(\varphi) = [R_m - e \cdot \cos(n \cdot \varphi)] \cdot \cos(\varphi) - n \cdot e \cdot \sin(n \cdot \varphi) \cdot \sin(\varphi) \quad (3.1)$$

$$y(\varphi) = [R_m - e \cdot \cos(n \cdot \varphi)] \cdot \sin(\varphi) + n \cdot e \cdot \sin(n \cdot \varphi) \cdot \cos(\varphi) \quad (3.2)$$

ahol: R_m : közepes sugár [mm];

e : excentricitás [mm];

n : poligon csúcsainak száma [-];

φ : változó [°].

A menetformázó tervezésénél érdemes kiindulási adatokként a menet névleges átmérőjét (D), és a poligon relatív excentricitását (ε) megadni, és ezek függvényében megszerkeszteni a poligonprofilt a (3.1) és a (3.2) egyenletekkel.

A 3.4. ábra alapján

$$D_m = 2 \cdot R_m = D - 2 \cdot e \quad (3.3)$$

A poligonprofil relatív excentricitása

$$\varepsilon = \frac{e}{D_m} \quad (3.4)$$

A (3.3) képletet behelyettesítve a (3.4) képletbe

$$\varepsilon = \frac{e}{D - 2 \cdot e} \quad (3.5)$$

majd az egyenletet e -re rendezve

$$e = \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} \quad (3.6)$$

R_m -et kifejezve az excentricitás (e) és az átmérő (D) segítségével

$$R_m = \frac{D}{2} - e = \frac{D}{2} - \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} \quad (3.7)$$

A (3.6) és a (3.7) képleteket megfelelően beillesztve a (3.1) és (3.2) egyenletekbe, most már kifejezhető a poligonprofil egyenlete a D , ε és n paraméterekkel.

$$x(\varphi) = \left[\frac{D}{2} - \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} - \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} \cdot \cos(n \cdot \varphi) \right] \cdot \cos(\varphi) - n \cdot \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} \cdot \sin(n \cdot \varphi) \cdot \sin(\varphi) \quad (3.8)$$

$$y(\varphi) = \left[\frac{D}{2} - \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} - \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} \cdot \cos(n \cdot \varphi) \right] \cdot \sin(\varphi) + n \cdot \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} \cdot \sin(n \cdot \varphi) \cdot \cos(\varphi) \quad (3.9)$$

ahol: D : menet névleges átmérője [mm];

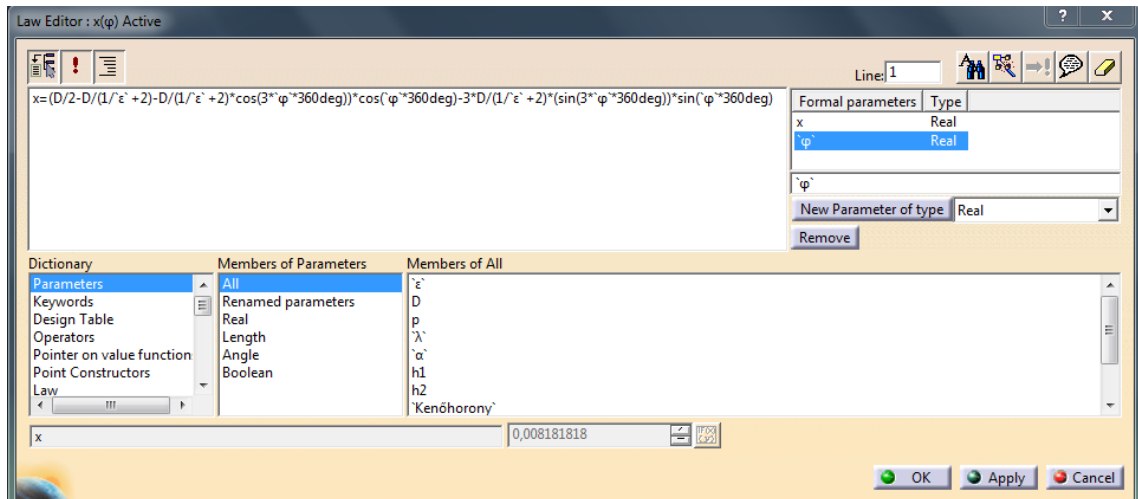
ε : poligonprofil relatív excentricitása [-];

n : poligonprofil csúcsainak száma [-];

φ : változó [°].

A poligonprofil egyenletének meghatározása és megfelelő átrendezése után a feladat, hogy ezeket a (3.8) és (3.9) egyenleteket bevigyük a rendszerbe. Ez a *Law* parancs segítségével történik, ami az előbb használt *Formula* parancs közelében található (a *Design Table* parancs lenyitásával). A későbbiekben történő könnyebb megtalálás érdekében a parancsot – indítás után – először elnevezzük, majd pedig megfelelő formában beírjuk a (3.8) egyenletet az ablak bal felső szövegmezéjébe, ahogy az ábra is mutatja (3.5. ábra). Az egyenletben hivatkozunk a már korábban bevitt paraméterekre, így azok megváltoztatásakor, változik majd az egyenlet eredménye, a pontok koordinátája is. Látható, hogy a φ változóhoz mindig hozzá írtuk a 360°-ot, ebben az esetben majd a φ értékét 0-tól 1-ig futtatjuk. Továbbá az n paraméter helyett, ami a poligon csúcsainak a számát jelenti, itt konkrét számot, méghozzá ebben az esetben a korábban említett 3-at írtuk. Ha több csúccsal rendelkező menetformázót akarunk tervezni, akkor itt (n helyén) adhatjuk meg az értékét. Az egyenlet bevitele után még szükséges az egyenlet változóinak a megadása a jobb felső szövegmezőben is. Az x és a φ változót is *Real* paraméterként adjuk be.

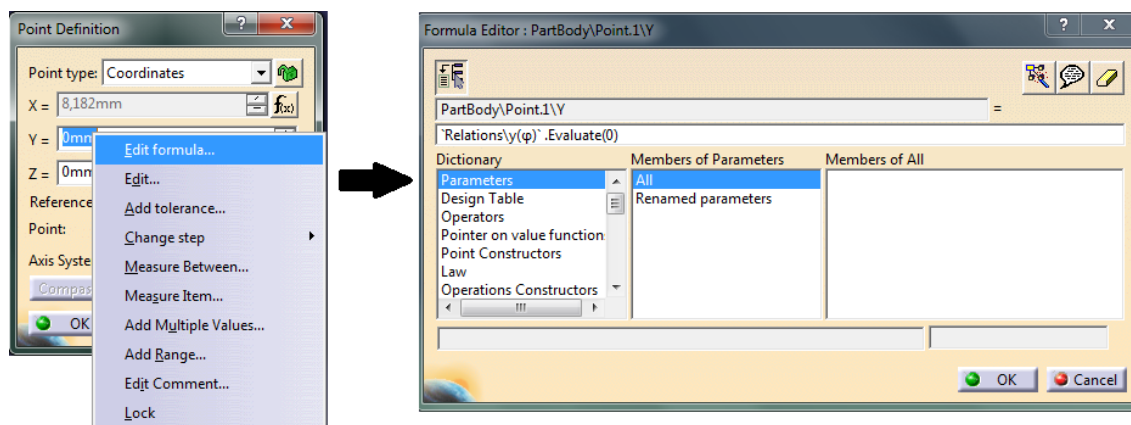
Ha ezzel elkészültünk, akkor hasonló módon bevisszük a poligon $y(\varphi)$ koordinátáit, azaz a (3.9) egyenletet is a rendszerbe. Ha a 3.1. fejezet utasításai alapján beállítottuk, akkor megjelennek a fában a beírt egyenletek (*Relations*).



3.5. ábra. Az $x(\varphi)$ egyenlet megfelelő bevitele a rendszerbe.

A poligont végül is úgy adjuk meg, hogy a beírt egyenletek segítségével felvesszünk tetszőleges számú pontot – jelen esetben huszonkettőt –, majd a pontokat egy spline-nal összekötjük. Természetesen minél több pontot veszünk fel, a poligon annál pontosabb lesz, de tapasztalat alapján ez a huszonkettő pont is elég egy működőképes poligon szerkesztéséhez.

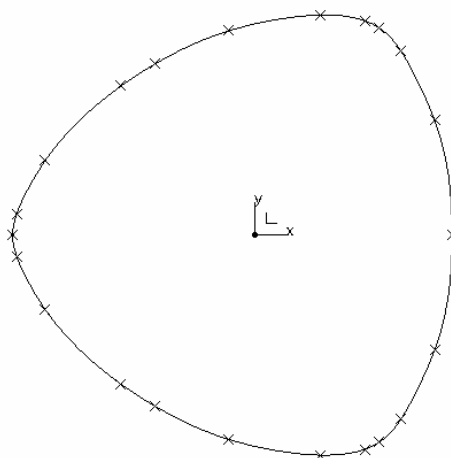
A pontokat a *Part Design* munkatérben vesszük fel a *Point* parancs segítségével. A parancsnál kiválasztjuk, hogy a pontot a koordinátái (*Coordinates*) alapján kívánjuk megadni, méghozzá az x és az y koordinátái alapján. X koordinátának a szövegmezéjében kiválasztjuk az *Edit Formula* parancsot, majd az előugró ablakban először hivatkozunk a *Relations*-nél beírt $x(\varphi)$ egyenletre, majd az egyenlet után beírjuk az *.Evaluate(0)* szöveget, ami arra utal, hogy az egyenletbe írt φ változó 0 értéket vesz fel. Ugyanezt megcsináljuk az első pont y koordinátájával is, itt természetesen az $y(\varphi)$ egyenletre hivatkozva. A pontok z koordinátája 0 mm. Az *.Evaluate(0)* zárójelben lévő értéke lesz tehát az az érték, amit 0-tól 1-ig futtatunk majd, pontonként 0,05-dal léptetve. Így a második pontnál 0,05-öt, a harmadiknál 0,1-et írunk a zárójelbe az x és y koordinátáknál, míg el nem érünk a huszadik pontig, ahol a 0,95-ös értéket írjuk be. Így kapunk húsz pontot, ami már önmagában is elég a háromcsúcsú poligon felismeréséhez. Az első pont helyes felvételét mutatja a következő ábra (3.6. ábra).



3.6. ábra. Az első pont felvétele az egyenletek hivatkozásával.

Ezután szükség van még két pontra, amik a későbbi kúpszerkesztésnél játszanak majd fontos szerepet. Ezeket a $x(0^\circ);y(0^\circ)$ koordinátájú – tehát az első felvett – pont körkörös kiosztásával kapjuk (*Circular Pattern*). Ehhez a művelethez a *Generative Shape Desing* munkatérben kell tovább dolgoznunk, itt található a pont kiosztásának parancsa. A kiosztásnál beállítjuk, hogy 3 pontot akarunk kiosztani (*Instances*), 120° -os elforgatással (*Angular spacing*) a Z-tengely körül (*Refernce element*). Háromtól eltérő csúcsú poligon szerkesztésénél a kiosztani kívánt pontok száma a poligon csúcsainak a számával egyezik meg, a kiosztás szöge pedig 360° osztva a csúcsok számával.

Végül a kapott 22 pontot összekötjük a *Spline* paranccsal, ügyelve, hogy az utolsó két pont összekötése helyett a munkablakban a *Closing Spline*-t jelöljük ki. Ezzel elkészült a szerszám poligonmetszete (3.7. ábra). Hogy később könnyebben megtaláljuk, érdemes a fában a *PartBody*-t is átnevezni 'Poligonmetszet'-re.



3.7. ábra. Poligonmetszet.

3.3. Kúpos test

A következő fázis a már korábban is látott (3.2. ábra) kúpos test megtervezése. Ehhez először is szűrjünk be egy új testet (*Insert => Body*), és nevezzük is el 'Kúpos test'-nek. A tervezést a *Generative Shape Design* munkatérben folytatjuk, keressük meg a *Helix* parancsot, és indítsuk el. A munkaablakban a hélix kezdőpontját (*Starting Point*), tengelyét (*Axis*), menetemelkedését (*Pitch*), magasságát (*Height*) és csavarási irányát (*Orientation*) adjuk meg, a tengely kivételével mindegyiket parametrikusan. A kezdőpont szövegmezejében kiválasztjuk az új pont létrehozása parancsot (*Create Point*), majd a koordinátái alapján megadjuk a kezdőpontot. X koordináta parametrikusan $D/2$, y és z koordináta is 0 mm. A hélix tengelye a Z-tengely. A hélix menetemelkedését a csavarmenetek menetemelkedési szöge alapján számoljuk:

$$\tan(\lambda) = \frac{p}{D \cdot \pi} \quad (3.10)$$

ahol: λ : menetemelkedés szöge [°];

p: menetemelkedés [mm];

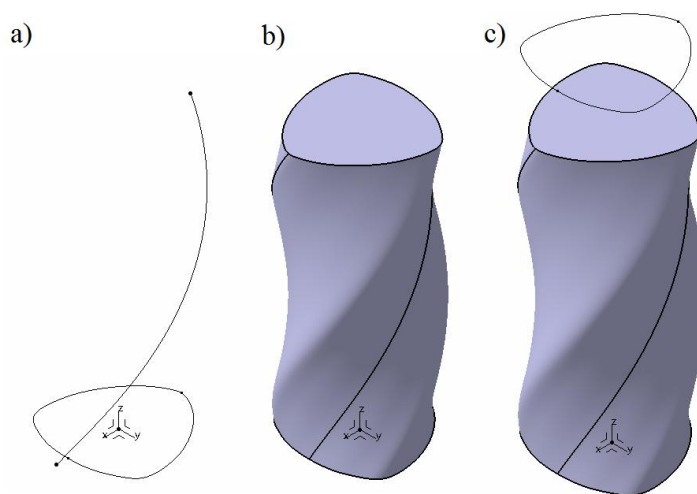
D: menet névleges átmérője [mm].

Mivel a mi esetünkben a menetemelkedést akarjuk kifejezni a D és λ paraméterekkel, ezért a menetemelkedést a $D \cdot \pi \cdot \tan(\lambda)$ képlettel adjuk meg. A hélix magassága szintén parametrikus, méghozzá $h1 - 3 \cdot p$. A három menetemelkedésnyi magasságot azért vonjuk le, mert onnan kezdődik majd a kúp, ami jellemzően három menetemelkedésnyi. A csavarási irány legyen az óra járásával ellentétes (*Counterclockwise*), parametrikusságát nem ebben a munkaablakban adjuk meg. A hélix megszerkesztése után indítsuk el a *Formula* parancsot, és keressük meg a fában ezt az imént létrehozott hélixet, majd a munkaablakban az *Orientation* értékéhez rendeljük hozzá a 3.1 fejezetben létrehozott paraméterek közül a 'Csavarás iránya'-t. Ezzel tetszőlegesen tudjuk majd állítani a poligon csavarodásának irányát. A 0 érték az óra járásával ellentétes, az 1 érték az óra járásával megegyező. A csavarási görbeként szolgáló hélix látható az alábbi ábrán (3.8. ábra. a)).

A következőkben a poligonmetszetet végigsöpörjük a hélix mentén a Z-tengely körül forgatva (3.8. ábra. b)). Ehhez váltsunk a *Part Design* munkatérbe, és válasszuk ki a

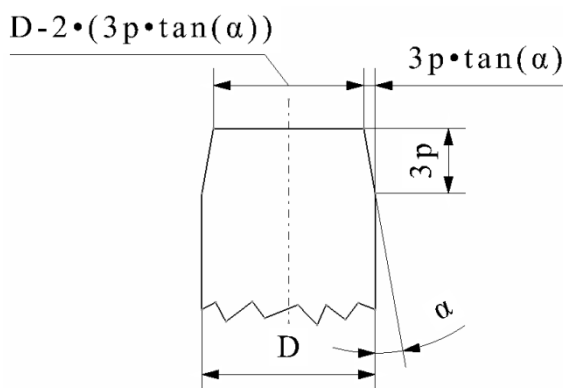
Rib parancsot. A *Profile* a *Spline.1* lesz, a *Center curve* a *Helix.1*, a söprés módja (*Profile control*) *Pulling direction*, a *Selection* a Z-tengely (*Z Axis*).

Ezután a kúpot hozzuk létre. Ehhez megint átváltunk a *Generative Shape Design* munkatérbe, és a *Translate* paranccsal eltoljuk a poligonmetszetet a Z-tengely mentén h_1 távolságra (3.8. ábra. c)). A *Translate* parancs munkaablakában az *Element* a *Spline.1*, a *Direction* a *Z Component*, a *Distance* pedig parametrikusan a h_1 paraméter. Ezt az eltolat poligont használjuk fel a továbbiakban, hogy a kúpszögnek és az elcsavarodásnak megfelelően kicsinyítsük, és elforgassuk.



3.8. ábra. A következő parancsok láthatók az ábrán: a) *Helix* b) *Rib* c) *Translate*.

A következő lépés az imént eltolat poligonnak a kicsinyítése a nagyolókúp szögének a függvényében. Ehhez a poligon köré írt kör segítségével határozzuk meg az arányokat, amiben a következő ábra is segít (3.9. ábra), ami sablonosan ábrázolja a kúp felső és alsó lapjának méreteit.



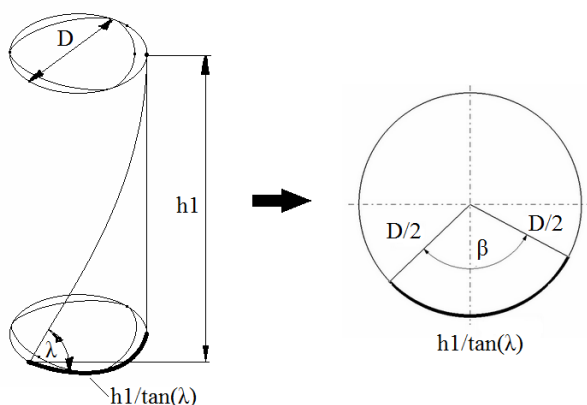
3.9. ábra. A nagyolókúp méretei.

A következő parancs tehát az arányos kicsinyítés (*Affinity*) lesz. Megadjuk a kicsinyíteni kívánt elemet, a *Translate.1*-t, majd a viszonyszámhoz (*Ratios*) beírjuk parametrikusan (*Edit formula*) a következő arányt, ami a felső ábrából adódik:

$$\frac{D \cdot 6 \cdot \pi \cdot \tan(\alpha)}{D} \quad (3.11)$$

Ezt az arányt természetesen csak az x és y koordináták mezejébe írjuk be, mert ezen tengelyek mentén akarunk kicsinyíteni, a z értéke marad 1. Ezzel a művelettel vittük be a kúp szögét a modellbe.

Most ezt az arányosan lekicsinyített poligont kell úgy elforgatni, hogy ha a test egészen h_1 magasságig tartana, akkor ez a poligon pontosan ugyanúgy álljon, mint a testnek a felső lapja. A forgatást a *Rotate* paranccsal fogjuk elvégezni, természetesen megint parametrikusan, hiszen a forgatás szöge függ majd az elcsavarodás szögétől (λ), az átmérőtől (D), és a szerszám menetes részének magasságától is (h_1). Egy kis nehézséget okoz majd, hogy a rendszer mindig pozitív irányba forgat, viszont, ha az elcsavarodás irányát megváltoztatjuk, akkor negatív irányba kellene forgatni majd ezt a poligont. De először vizsgáljuk meg az elforgatás szögét az alábbi ábra tanulmányozásával (3.10. ábra).



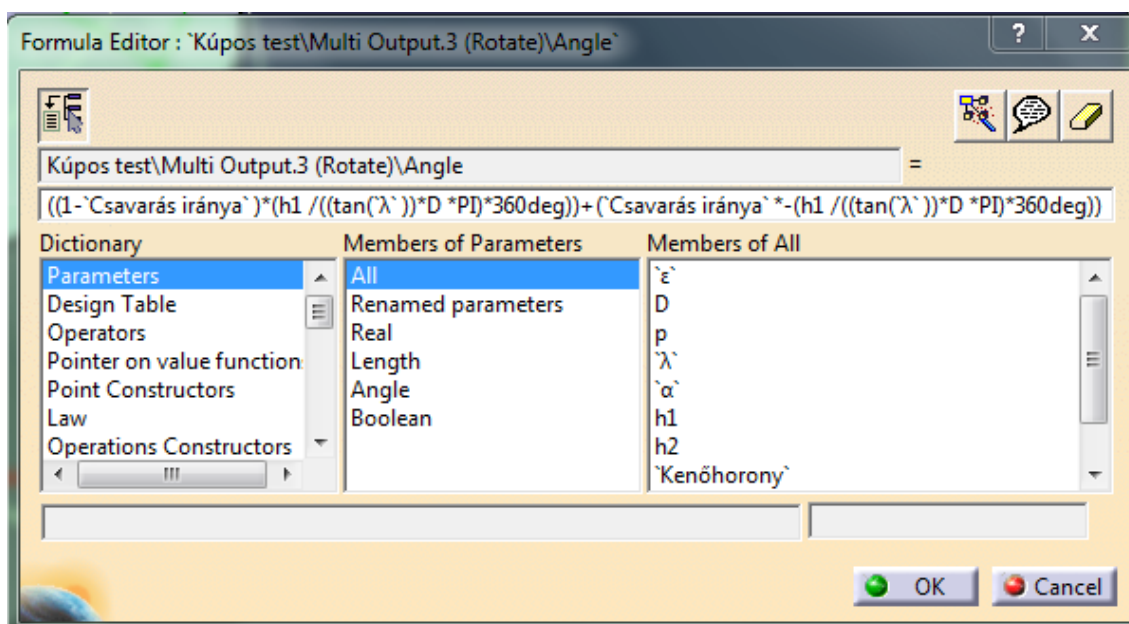
3.10. ábra. A kúp elcsavarodási szögének meghatározása.

A poligont a vastag körívhez tartozó szöggel kell elforgatni. A körív hossza $h_1/\tan(\lambda)$, és ha a kör kerülete $D\pi$, akkor

$$\beta = \frac{\frac{h_1}{\tan(\lambda)}}{D\pi} \cdot 360^\circ = \frac{h_1}{\tan(\alpha) \cdot D\pi} \cdot 360^\circ \quad (3.12)$$

Tulajdonképpen ezt a (3.12) egyenletet kellene bevinni a *Rotate* parancsba, de mivel az elcsavarodás irányát is figyelembe kell venni, ezért ezt a paramétert is be kell venni az

egyenletbe, aminek az értéke 0 vagy 1 lehet. Nyissuk meg a *Rotate* parancsot, a forgatni kívánt elem (*Element*) az *Affinity.1*, a forgatás tengelye (*Axis*) a Z-tengely, a forgatás szögét (*Angle*) pedig parametrikus (*Edit formula*) az alábbi ábra szerint adjuk meg (3.11. ábra).

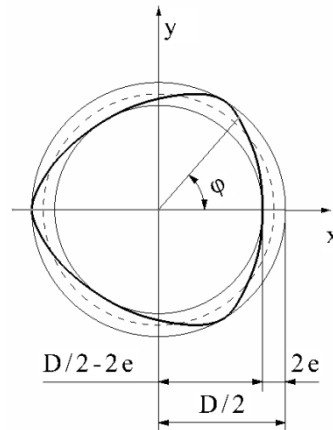


3.11. ábra. A forgatás szögének megadása.

Gondoljuk át, hogy ha a 'Csavarás iránya' paraméter 0 értéket vesz fel, akkor a beírt egyenlet második tagja kiesik, ha pedig 1 értéket vesz fel, akkor az első tag esik ki. Ezzel most már megfelelően tudjuk állítani a kúp csavaródását is, de a kúp tényleges megszerkesztéséhez még szükség van vezetőgörbék felvételére, ami alapján összekötjük majd a kúp két lapját.

A vezetőgörbe szerkesztéséhez megint a *Helix* parancsra van szükségünk. A vezetőgörbe kezdőpontja (*Starting Point*) az első hélix felső végpontja, tengelye (*Axis*) a Z-tengely, menetemelkedése (*Pitch*) az első hélixhez hasonlóan parametrikus, $D \cdot \pi \cdot \tan(\lambda)$, magassága (*Height*) szintén parametrikus, $3 \cdot p$. Ezenkívül még parametrikusan megadjuk a *Taper Angle* szövegmezőjében, hogy α szögnek megfelelően meg legyen döntve befele (*Way: Inward*) a hélix. Ne felejtsük el itt is parametrikusan hozzárendelni a 'Csavarási irány'-t. Kattintsunk a *Formula* parancsra, keressük meg a fában a *Helix.2* parancsot, majd a megjelenő paraméterek közül az *Orientation*-hoz rendeljük hozzá a 'Csavarási irányt'.

Ezt a három menetemelkedésnyi magasságú hélixet még annyira le kell kicsinyíteni, hogy felső és alsó végpontja is ráessen a poligonnak a megfelelő kontúrvonalára.



3.12. ábra. A kicsinyítés arányainak szemléltetése.

Az ábrán látszik (3.12. ábra), hogy ha a hélixet a $x(0), y(0)$ pontokban az átmérőről a poligonra akarjuk kicsinyíteni, akkor az kicsinyítési arány

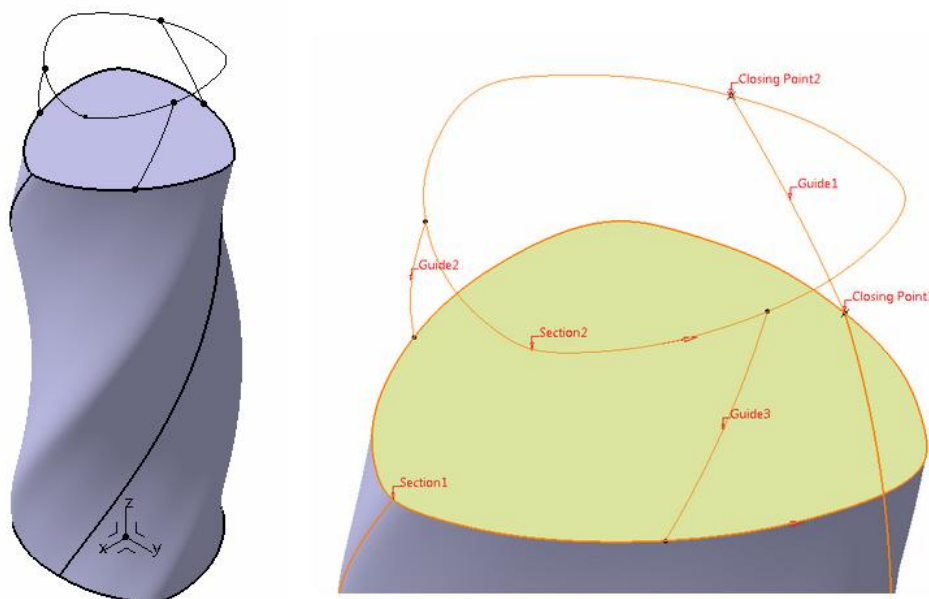
$$\frac{\frac{D}{2} - 2e}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{4e}{D} = 1 - \frac{4 \cdot \frac{D}{\frac{1}{\varepsilon} + 2}}{D} = 1 - \frac{4}{\frac{1}{\varepsilon} + 2} \quad (3.13)$$

ahol az e -t a (3.6) egyenlet alapján helyettesítettük be.

Nyissuk meg az *Affinity* parancsot, elemként (*Element*) válasszuk ki a *Helix.2*-t, és x, y viszonyszámokhoz (*Ratio*) parametrikusan írjuk be a (3.13) arányt. Látható, hogy a kicsinyített hélix mindkét poligonkontúrt ugyanott metszi, tehát az eddigi számításaink jók.

Ezután ezt a kicsinyített hélixet (*Affinity.2*) forgassuk meg. Jelen esetben az a cél, hogy három ilyen hélixet kapjunk egymástól 120° -kal elforgatva. Ha nem háromcsúcsú poligont akarunk tervezni, akkor értelemszerűen annyi forgatás szükséges, ahány csúcsú a poligon, a forgatás szöge pedig 360° osztva a csúcsok számával ugyanúgy, mint ahogy a poligonmetszetnél osztottuk ki az $x(0^\circ); y(0^\circ)$ pontot 3.2. fejezetben, de ott más paranccsal. Azért is volt fontos akkor a pontok kiosztása, hogy most a hélix görbéje érintkezzen a poligon kontúrával. Indítsuk el a *Rotate* parancsot, forgatási elemként (*Element*) adjuk meg az *Affinity.2*-t, tengelyként (*Axis*) a Z-tengelyt, szögnek (*Angle*) pedig 120° -ot írjunk. Ezután pedig azért, hogy ne kelljen minden egyes forgatáshoz beadni ezeket az adatokat (több csúcsú poligonnál ez igen hosszadalmas lenne), jelöljük

ki a *Repeat object after OK* lehetőséget, így egymás után annyiszor forgatja el az elemet, ahányszor megadjuk neki a következő ablakban, jelen esetben még egyszer. Az eredmény a következő ábrán látható (3.13. ábra), már felismerhető benne a kúp. Próbáljuk meg változtatni a már hozzárendelt paraméterek egyikét. Ha eddig mindenben helyesen jártunk el, a modell követi a paraméterek változását.



3.13. ábra. A bekezdőkúp drótvázlata.

Ezután jön a kúp tényleges megszerkesztésének a feladata. Ehhez váltsunk át a *Part Design* munkatérbe, és ott keressük meg a *Multi-sections Solid* parancsot. A parancs rendeltetése, hogy két különböző keresztmetszetet vezetőgörbék mentén összekössön, a mi esetünkben az első keresztmetszet a csavart poligontest felső lapja, a második keresztmetszet pedig az általunk létrehozott poligonkontúr, a *Rotate.1*. Ezeket a munkaablak felső mezőjében adjuk meg (*Section*). A szebb kúp érdekében helyezzük át a *Closing Point*-okat (*Edit Closing Point*), méghozzá az egyik vezetőgörbe egy-egy végpontjába, továbbá ügyeljünk rá, hogy a nyilak egy irányba mutassanak (3.13. ábra). Ezenkívül figyeljünk, hogy a *Tangent* oszlopában ne szerepeljen szöveg, mert a program ilyen geometriához nem tud tangenciálisan csatlakozni (*Non Computed Tangent*). Az alsó szövegmezőben a vezetőgörbékét adhatjuk meg, adjuk is meg őket (*Affinity.2*, *Rotate.2*, *Rotate.3*). Több csúcsú poligon esetén természetesen több vezetőgörbe is lesz. A parancsnak e része miatt nem lehet a csúcsok számát is

parametrizálni, mert a vezetőgörbékhez mindig egyenként kell megadni minden egyes görbét.

Ezután már csak a szár megtervezése van hátra. A szár hengeres lesz, így a szár és a csavart poligon rész között lesz egy átmenet. Ezért a test alsó végétől vegyünk fel egy síkot paraméteresen, például $2 \cdot p$ távolságra. Tulajdonképpen a távolság nem meghatározó fontosságú, a lényeg, hogy a poligon ne közvetlenül hengeres szárban folytatódjon. Tehát indítsuk el a *Plane* parancsot, adjuk meg, hogy síktól akarjuk megadni a távolságát (*Plane type: Offset from Plane*), méghozzá a test alsó lapjától (*Reference*), tehát attól, ami $Z=0$ mm magasságra van, a távolsághoz (*Offset*) pedig paraméteresen írjuk be a $2 \cdot p$ egyenletet.

Az így kapott síkon hozzunk létre egy *Sketch*-et, és rajzolunk egy kört (*Circle*) úgy, hogy a középpontja a Z -tengely legyen, a sugara pedig parametrikusan (*Radius.1 object => Edit formula*) $D/2$. Ezt a kört fogjuk kihúzni a szerszám száráként. Lépjün ki a *Sketch*-ből, és indítsuk el a *Pad* parancsot. Profilnak (*Selection*) válasszuk ki az imént rajzolt kört, és a kihúzás méretéhez (*Length*) természetesen szintén parametrikusan írjuk be, a $h_2-h_1-2 \cdot p$ képletet. Így kapjuk meg a teljes szerszámhosszra a h_2 méretet.

Ezután már csak az van hátra, hogy létrehozzunk egy átmenetet a szár és a csavart poligontest között, ehhez válasszuk ki ismét a *Multi-sections Solid* parancsot, majd az ablak felső szövegmezőjébe adjuk meg az összekötendő profilokat (*Section*), tehát a szár kör alakú, és a csavart test poligon alakú egymás felé néző felületét. Ezután már semmi további beállítás nem szükséges, így az ablak elfogadása után elkészültünk a tervezés második fáziséval, a kúpos testtel is (3.2. ábra).

3.4. Menetes test

A tervezés következő lépése a menetes test (3.2. ábra) megtervezése. Ehhez először is szúrjunk be egy új testet (*Insert => Body*), és nevezzük el 'Menetes test'-nek. A menetes test alapja megegyezik a kúpos testével, ezért a tervezés is több pontban hasonló lesz az előzővel. A jobb átláthatóság érdekében tüntessük el a kúpos testet (*Hide/Show*). Váltunk át a *Generative Shape Design* munkatérbe, és indítsuk el a *Helix* parancsot. A hélix kezdőpontja, tengelye, menetemelkedése és csavarodása megegyezik a 3.3. fejezetben létrehozott *Helix.1*-ével, a paraméteres méreteit, és a csavarodás

parametrikusságát ugyanúgy adjuk meg, mint ahogy ott is tettük, a magassága viszont h_1+p . A h_1 magassághoz adott menetemelkedésnyi magasság a tervezés későbbi szakaszában játszik majd elhagyhatatlan szerepet.

A hélix szerkesztése után váltsunk át a *Part Design* munkatérbe, és indítsuk el a *Rib* parancsot. A parancs beállításai azonosak a *Rib.1* beállításaival, természetesen azzal az eltéréssel, hogy itt a vezetőgörbe (*Center curve*) az imént létrehozott hélix lesz.

Erre a testre kell valamilyen módon rászzerkeszteni a p menetemelkedésű csavarvonalat. Ezt úgy érjük el, hogy a testen belül és kívül létrehozunk egy-egy hélixet, két végpontját összekötjük egy egyenessel, ezt az egyenest végigfuttatjuk a két hélixen, mint vezetőgörbék, majd vesszük az így kapott geometriának és a csavart poligontestnek a metszetét a test felületén. Ez adja majd a csavarvonalat.

A *Generative Shape Design* munkatérben hozzunk létre egy hélixet, ami mindig a testen belül lesz. A *Helix* parancsra kattintva adjuk meg a kezdőpontját (*Starting Point*) egy új pontot létrehozva (*Create Point*). A pont x irányú koordinátáját parametrikusan adjuk meg, méghozzá arra ügyelve, hogy a kúp szögét változtatva a hélix akkor is a testen belül maradjon. A kúp befoglaló körének az átmérője a korábbi ábrán látható (3.9. ábra), de mivel mi x koordinátáját $x = 0$ mm-től adjuk meg, ezért még elosztjuk 2-vel, így kapjuk a sugarát, továbbá, hogy a hélixünk ott is a testen belül maradjon, ahol a poligon kisebb, mint az azt befoglaló kör, ezért még 2-vel leosztjuk. (Ennél nagyobb már úgysem lehet a poligon relatív excentricitása.) Írjuk be tehát a pont x koordinátájához a $(D-6 \cdot p \cdot \tan(\alpha'))/2$ egyenletet. Y koordináta 0 mm, z koordináta a későbbi tervezés megkönnyítése érdekében legyen épphogy nagyobb 0-nál, például 0,01 mm, a lényeg, hogy a hélix kezdő és végpontja ne legyen rajta a test alsó és felső lapján, mert így nem keletkezik felesleges vonal, amikor majd vesszük a közös részét a végigsöpört alakzatnak és a poligontestnek. A szerszám működését pedig ez a 0,01 mm egyáltalán nem befolyásolja. Továbbhaladva a hélix szerkesztésében a tengelye (*Axis*) a Z -tengely lesz természetesen, a menetemelkedése (*Pitch*) a p paraméter, a magassága (*Height*) pedig a csavart testnek a magassága mínusz $2 \cdot 0,01$ mm, azaz $h_1+p-0,02$ mm.

Ezután azt a hélixet hozzuk létre a *Helix* paranccsal, ami mindig a testen kívül marad. Kezdőpontként (*Starting Point*) itt is új pontot szerkesztünk, x koordináta legyen mondjuk D paraméter (ez biztos, hogy mindig a testen kívül esik), y koordináta 0 mm, z koordináta itt is 0,01 mm. Tengelye (*Axis*) a Z -tengely, menetemelkedése (*Pitch*) a p

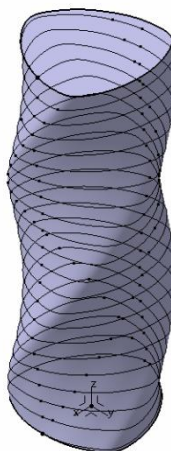
paraméter, magassága (*Height*) a $h1+p-0,02$ mm egyenlet. Fontos, hogy e két hélix csavarodása (*Orientation*) azonos legyen, ez a két hélix fogja meghatározni ugyanis a menet csavarvonalát. Kézenfekvőnek tűnik tehát, hogy ezt a csavarodást is parametrizáljuk, így könnyen létrehozva jobbos, illetve balos menetű szerszámokat. Mivel a mi célunk most, hogy kiderítsük, hogy adott csavarodású menethez (jobbos) a poligontestnek melyik csavarodása ad kedvezőbb megmunkálási értékeket, ezért a csavarvonalat nem parametrizáljuk. Ez később viszont bármikor megtehető, akár ellentétes csavarodást is megvalósítva a csavarvonal és a test csavarodottsága között, ehhez a csavarodás paraméterénél mindössze az (1-'Csavarás iránya') alakban kell megadni a műveletet.

Ezek után kössük össze a két hélix kezdőpontját egy egyenessel (*Line* parancs).

Ezt az egyenest most futtassuk végig a hélixeken a *Sweep* parancs segítségével. A parancson belül beállítjuk, hogy két vezetőgörbén akarjuk végigsöpörni az egyenest (*Subtype: With two guide curves*), profilnak (*Profile*) megadjuk az egyenest (*Line.1*), a két vezetőgörbe (*Guide curve 1 / Guide curve 2*) értelemszerűen a két hélix (*Helix.4 / Helix.5*), a két rögzítési pont (*Anchor point 1 / Anchor point 2*) pedig a két hélix kezdőpontja.

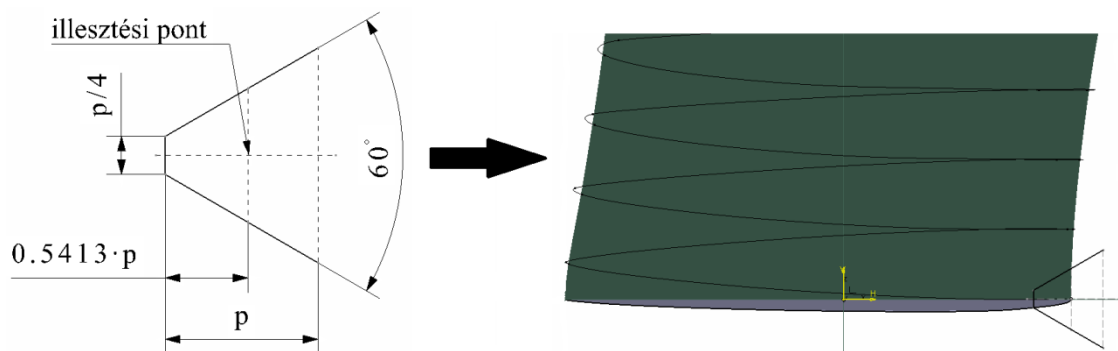
Az így kapott söpört alakzatnak vesszük a közös részét a poligontesttel a test felszínén. Ez lesz az *Intersection* parancs. Első elemnek (*First Element*) megadjuk a csavart poligontestet (*Rib.2*), második elemnek (*Second Element*) pedig az imént létrehozott söpört geometriát (*Sweep.1*). Hogy a metszetet a felszínen hozza létre, jelöljük be a *Surface-Part Intersection* lehetőségénél a *Contour*-t. Ezzel létrehoztuk a csavarvonalat a testen (3.14. ábra).

A most következő feladat, hogy megrajzoljuk a menetprofilt a csavarvonal egyik végén, és azt végigsöpörjük a görbén. Ehhez először is hozzunk létre egy síkot a csavarvonal alsó végén. Ez a *Plane* parancs, a sík normális lesz a görbére (*Normal to curve*), a görbe (*Curve*) az előbb szerkesztett metszet (*Intersection.1*), a pont (*Point*) pedig a metszet alsó kezdőpontja.



3.14. ábra. A csavarvonal létrehozása a testen.

A létrehozott síkon rajzoljuk meg a menetprofilt a *Sketch* paranccsal, amiben a következő ábra (3.15. ábra) lesz segítségünkre, ami ábrázolja a menetprofil méreteit. [7] A menetprofil méretei a menetemelkedés függvénye, így ezek a méretek megadhatók a p paraméter segítségével. Rajzoljuk meg a *Sketch*-ben az ábrán látható profilt, és méretezzük is annak megfelelően, természetesen a kellő helyen mindig hivatkozzunk a menetemelkedés paraméterére. A szaggatott vonalak szerkesztési vonalak, tehát csak viszonyítási elemek a méretezést segítve, az illesztési pont is szerkesztési elem, és ez az a pont, ami egybe fog esni a csavarvonal (*Intersect.1*) kezdőpontjával, tehát ennek megfelelően kényszerezzük is oda (*Coincidence*).



3.15. ábra. A metrikus menetprofil méretei, és elhelyezése a *Sketch*-ben.

Mivel a menetformázó szerszámmal anyameneteket fogunk kialakítani, ezért a profil is az anyamenetnek megfelelő. Továbbá az is látszik az ábrán, hogy a szabványos méreteken túl van még egy méret, a p méret. Ez a méret azt a célt szolgálja, hogy a profil túllógjon a testen. Erre azért van szükség, mert a csavart poligontestnek az

aktuális átmérője a csavarvonalon haladva folyamatosan változik, nem fix méretű. Ezért a profilt csak úgy tudjuk beleszerkeszteni, ha az túllóg a testen, és ezzel a csavarvonalon végigsöpört profillal egy későbbi műveletben kivágjuk a menetet. A profil túllógását biztosító méret a mi esetünkben véletlenszerűen lett éppen p , a feltétele csupán annyi, hogy mindenképp biztosítsa a megfelelően nagy méretet a menetemelkedés változtatása esetén is. Erre a p paraméter tökéletesen meg is felel.

Miután megrajzoltuk a menetprofilt, lépünk ki a *Sketch*-ből, és indítsuk el a *Sweep* parancsot. Válasszuk ki a söprés fajtáját (*Subtype: With pulling direction*), profilnak adjuk meg az imént szerkesztett menetprofilt (*Profile: Sketch.2*), vezetőgörbének a csavarvonalat (*Guide curve: Intersect.1*), iránynak pedig a *Z*-tengelyt (*Direction: Z Component*). Ezzel megkaptuk azt a felületet, amivel majd kivágjuk a testből a csavarprofilt. A kivágás feltétele viszont az, hogy a vágófelület mindenhol egyértelműen metssze a testet, de ez a mi felületünk kezdetén és végén nem teljesül. Ezt a problémát oldjuk meg a következőkben.

Hozzunk létre egy síkot a *Plane* paranccsal (*Plane type: Offset from plane*) a csavart poligontest felső felületétől (*Reference*) parametrikusan p távolságra (*Offset*).

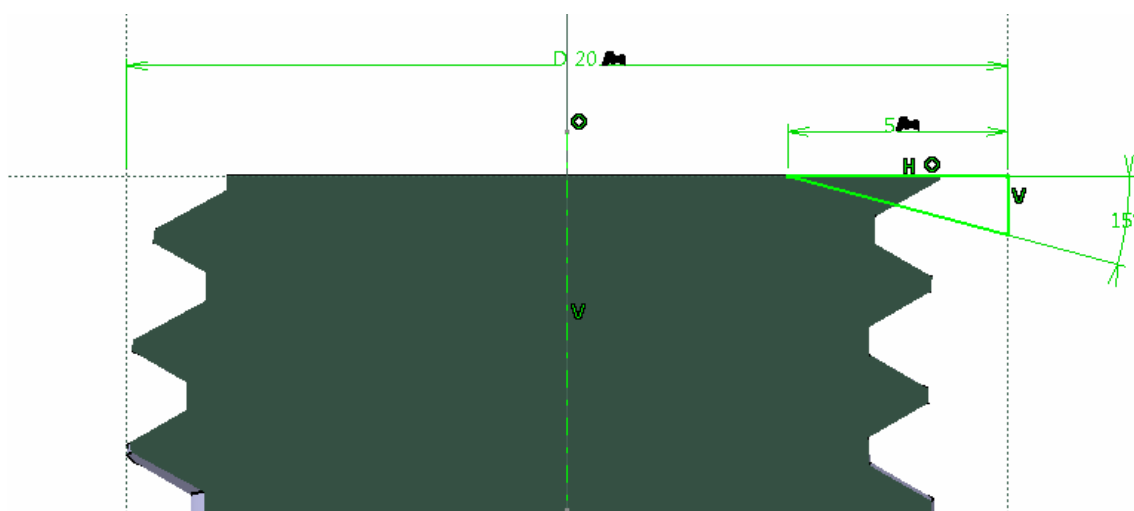
Emlékezzünk, hogy a testet direkt $h_1 + p$ magasságúra terveztük éppen azért, mert most p magasságot levágunk belőle. Váltunk át a *Part Design* munkatérbe, ott keressük meg a *Split* parancsot, és vágási elemként (*Splitting Element*) válasszuk ki az imént létrehozott síkot. Ügyeljünk rá, hogy a test megfelelő részét vágjuk le, ezt a nyíllal tudjuk megadni. Ezután váltunk vissza a *Generative Shape Design* munkatérbe, és indítsuk el az *Extrapolate* parancsot. Ezzel a test alsó részén fogjuk megfelelő hosszúságúra kinyújtani a söpört felületünket. Határkontúrnak (*Boundary*) adjuk meg a menetprofilt (*Sketch.2*), az elem, amit folytatni szeretnénk pedig a söpört felületünk (*Sweep.2*). Az extrapoláció hossza (*Length*) is parametrikus legyen, hogy az átmérő változtatása esetén is biztosan metssze a testet. A hossza legyen mondjuk D paraméter, ez mindig a testen kívülre viszi majd a kihúzást.

A kivágást viszont még nem hajthatjuk végre, ahhoz ugyanis még a szárra is szükségünk van. Ehhez hozzuk létre a szerszám szárát ugyanúgy, ahogy azt a 3.3. fejezetben is megtettük. Létrehozunk egy síkot a test alsó felétől parametrikusan $2 \cdot p$ távolságra, erre a síkra megrajzolunk egy kört, aminek a tengely a *Z*-tengely, sugara pedig $D/2$. Ezt a kört *Part Design* munkatérben kihúzzuk $h_2 - h_1 - 2 \cdot p$ távolságra. Ezután

a szár és a csavart rész közötti átmenetet oldjuk meg a *Multi-sections Solid* paranccsal, mint ahogy tettük a kúpos testnél is.

Ezek után következhet a menet belevágása a testbe a *Split* paranccsal. Vágandó felületnek jelöljük ki az *Extrapol.1* felületet, ügyeljünk a nyilak helyes állására, majd fogadjuk el a munkablakot. Ezzel elkészült a menet a szerszámban.

A menetes test befejezéséhez már csak a letörést kell megszerkeszteni a poligontest végén. Ehhez először is megrajzoljuk a letörés metszetét egy *Sketch*-ben, majd a Z-tengely körül megforgatva azt, kivágjuk a testből. Nyissuk meg tehát a *Sketch* parancsot, és a következő ábra (3.16. ábra) alapján méretezzük be a letörés metszetét. Elég három méretet megadni, a letörés átmérője természetesen a D paraméter lesz, a felső befogó hossza $2 \cdot p$, a felső befogó és az átfogó közötti szög pedig 15° . Fontos még, hogy a Z-tengelyre megrajzoljuk a majdani forgatás tengelyét az *Axis* paranccsal.



3.16. ábra. A letörés méretei.

Ezután kilépünk a *Sketch*-ből, és a *Groove* paranccsal 360° -kal (*First Angle: 360deg*) megforgatjuk az imént rajzolt tengely körül (*Axis Selection: Sketch Axis*), majd kivágjuk a letörést (*Profile/Surface Selection: Sketch.4*) a testből.

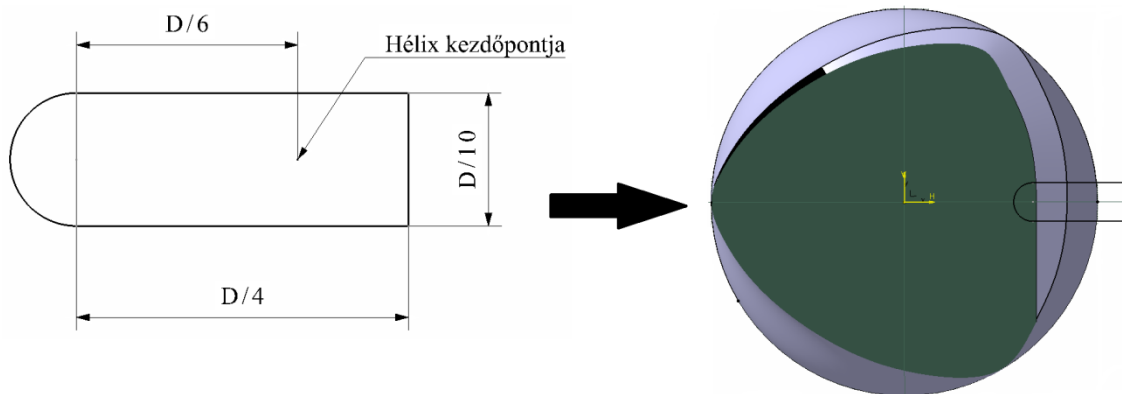
Ezzel elkészült az úgynevezett menetes test is (3.2. ábra). Hogy megkapjuk a kívánt menetformázó szerszámunk modelljét, vennünk kell a 'Kúpos test' és a 'Menetes test' közös részét, metszetét. Ezt a *Part Design* munkatérben az *Intersect* paranccsal tehetjük meg. A parancs beállításánál azt adjuk meg, hogy mit (*Intersect: Kúpos test*) mivel (*To: Menetes test*) akarunk metszeni. Látható, hogy a fában a 'Kúpos test' bekerül a 'Menetes test' alá az *Intersect.1* parancsba. A paraméterek természetesen ugyanúgy

állíthatók, mint eddig is. Már csak a 'Kenőhorony' paramétere nincs hozzárendelve semmihez, így a következő, és egyben utolsó feladat a kenőhorony megtervezése.

3.5. Kenőhorony

A kenőhornyot egy újabb testben hozzuk létre, ezért szúrjunk is be egy új testet (*Insert* => *Body*), és nevezzük el 'Kenőhorony'-nak. A tervezés lényege, hogy megrajzoljuk a horony metszetét, végigfuttatjuk a már korábban létrehozott hélixen, majd az így kapott testet Z-tengely körül körkörösén kiosztjuk 120° -kal, és ezeket a kiosztott testeket végül kivágjuk a menetformázó szerszámból. Végig a *Part Design* munkatérben dolgozunk.

Rajzoljuk meg a kenőhorony metszetét egy új *Sketch*-ben a xy síkra (3.17. ábra). Ehhez jelenítsük meg a 'Menetes test'-nél szerkesztett legelső hélixet, mert annak az alsó, szár felőli végpontja lesz a viszonyítási pont a horony méretezéséhez. A horony méretei nem szabványszerűek, lényegében csak a D paraméter függvényei, hogy az átmérő változtatásakor változzon a kenőhorony is, de igény szerint ebben a *Sketch*-ben természetesen bármikor átírhatók ezek a méretek.



3.17. ábra. A kenőhorony méretei, és elhelyezése a *Sketch*-ben.

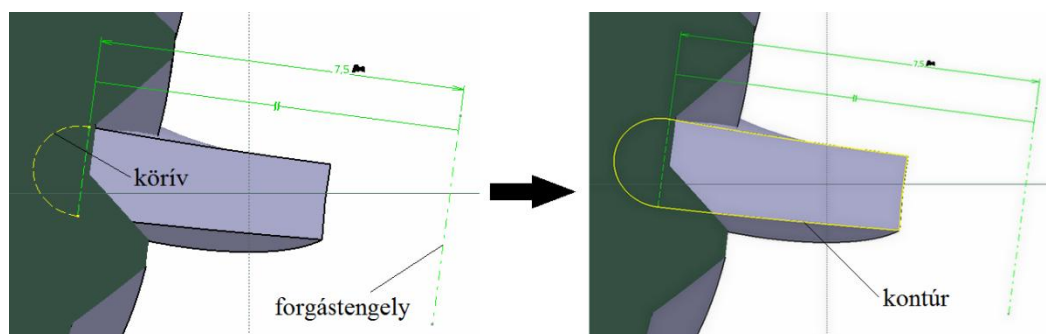
A *Rib* paranccsal söpörjük végig a kenőhorony keresztmetszetét (*Profile: Sketch.5*) a 'Menetes test' első hélixgörbájén (*Center curve: Helix.3*) úgy, hogy a profil a Z-tengely körül forogjon (*Profile control: Pulling direction / Selection: Z Axis*).

Ezután még a kenőhorony szár felőli kifutását kell megoldani. Hozzunk létre egy síkot a hélix vezetőgörbére (*Helix.3*) normálisan (*Normal to curve*) az alsó kezdőpontjára a *Plane* paranccsal.

Hozzunk létre még egy síkot az előző síkkal (*Plane.7*) párhuzamosan (*Offset from plane*) p paraméter távolságra felfelé, a görbe irányába.

Ezzel a síkkal elmetsszük az eddigi testünket (Kenőhorony) a *Split* paranccsal úgy, hogy a szár felőli részt vágjuk le. A parancsban egyszerűen csak adjuk meg a vágó síkunkat (*Plane.8*).

A vágott felületen hozzunk létre egy *Sketch*-et, és miután megszerkesztettük a forgástengelyt, vegyük át vágott felület kontúrját a *Project 3D Elements* paranccsal. A forgástengelyt a körív végpontjait összekötő egyenessel párhuzamosan vegyük fel parametrikusan 3-p távolságra (3.18. ábra).



3.18. ábra. A forgástengely felvétele.

Lépünk ki a *Sketch*-ből, és a *Shaft* paranccsal forgassuk meg a imént szerkesztett kontúrt (*Profile/Surface Selection: Sketch.6*) a forgástengely körül (*Axis Selection: Sketch Axis*) 90°-kal (*First Angle: 90deg*) a megfelelő irányba, a szár felé.

Ezután körkörösén osszuk ki a testünket a Z-tengely (*Reference element*) körül háromszor (*Instances*), egymástól 120°-ra (*Angular spacing*) a *Circular Pattern* paranccsal. Természetesen, ha nem háromcsúcsú poligont szerkesztünk, akkor a kiosztások száma, és szöge annak megfelelően eltér. E művelet után a következőképpen néz ki a testünk (3.19. ábra).



3.19. ábra. Az utolsó művelet: a kenőhornyok kivágása a testből.

A kúpos és menetes test metszetéhez használt *Intersect* paranccsal egy csoportban található a kenőhorony kivágásához szükséges *Remove* parancs. A parancsban megadjuk, hogy mit (*Remove: Kenőhorony*) miből (*From: Menetes test*) akarunk kivágni.

A test elkészült, már csak az a teendőnk, hogy a 'Kenőhorony' paramétert is hozzárendeljük a megfelelő helyhez. Nyissuk meg a *Formula* parancsot, és a *Filter type* gördítősávból válasszuk ki a *Boolean*-t, azaz az igaz/hamis logikai műveletet. Ha a leírtak szerint haladtunk eddig, akkor a listában az utolsó helyen áll az, amire nekünk szükségünk van, vagyis a kivágásnak az aktiválása (*'Menetes test\Remove.1\Activity'*). Duplán kattintsunk rá, és rendeljük hozzá a 'Kenőhorony' paraméterét.

Ezzel elkészültünk a menetformázó szerszám tervezésével, ahol minden paraméter szabadon változtatható, így könnyen és gyorsan létrehozva egy új méretekkel, tulajdonságokkal rendelkező szerszámot.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

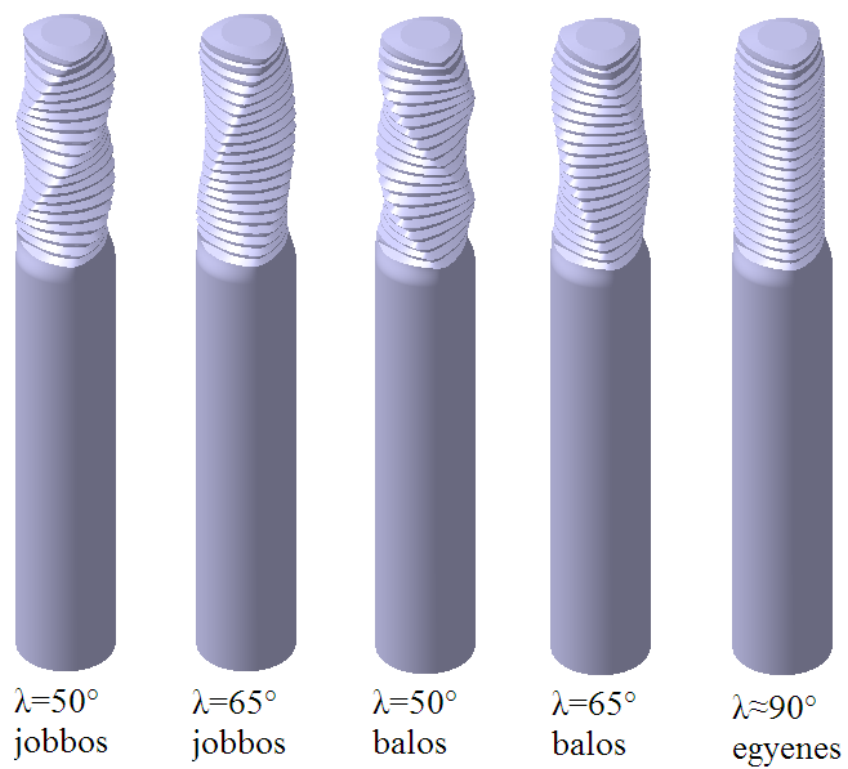
A TDK dolgozatom alapvető célkitűzése egy a konzulensem által megálmodott egyedi (csavart) menetformázó szerszám lemodellezése egy 3D tervező rendszerben. Kijelenthetem, hogy ezt a kitűzött célt sikerült teljesítenem, sőt a modellező rendszer előnyeit kihasználva még azt is elértem, hogy a megtervezett szerszám legfontosabb méretei, értékei parametrikusan állíthatóak legyenek, így lényegesen leegyszerűsítve egy új típusú menetformázó szerszám iránti igények kielégítését.

Kézenfekvőnek tűnt, hogy a tervezéshez a CATIA rendszert használom, ugyanis közismert, hogy egy átlagos felhasználó számára ez a szoftver biztosítja a legteljesebb parametrikus lehetőségeket a modellezése megkönnyítéséhez. A választás helyesnek bizonyult, elvégre a 3. fejezet bevezetőjében ismertetett geometriai korlátok határain belül a paraméterek változtatását kifogástalanul leköveti a 3D-s modell.

A dolgozatom tulajdonképpen ennek a tervezésnek az egyes lépéseit részletezi a CATIA rendszeren belül. A tervezés leírása időnként esetleg túl aprólékosnak, részletesnek tűnhet, ennek az oka, hogy a más tervezőrendszerekhez szokott felhasználónak is érthetőek legyenek az egyes paraméterek, így a szerszám más platformokon is modellezhetővé váljon.

A szerszám tervezése csak a kezdete egy nagyobb volumenű dolognak, az egyedi menetformázó szerszám témája még rengeteg lehetőséget hord magában. A következő feladat különböző csavartságú szerszámok legyártása, és az általuk alakított menetek megmunkálása során mért technológiai értékek (nyomaték, erőingadozás) és a szerszám csavarodási szöge közötti összefüggés, függvény meghatározása. Első körben nem is feltétlenül a szabatos menetprofil előállítása a cél, hanem annak a kiderítése, hogy egyáltalán hatással van-e a szerszám csavartsága a megmunkálás nyomatékára.

Mint említettem, a munka nem állt meg a tervezésnél, folyamatban van öt különböző szerszám legyártása, amit a GRAVITAS 2000 Kft. vállalt magára. A szerszámok: egy jobbra csavart $\lambda=50^\circ$ -os; egy jobbra csavart $\lambda=65^\circ$ -os; egy balra csavart $\lambda=50^\circ$ -os; egy balra csavart $\lambda=65^\circ$ -os; egy egyenes $\lambda=89,9^\circ$ -os ($\sim 90^\circ$) (4.1. ábra). A csavarás iránya csak a szerszám poligontestére vonatkozik, a menet csavarása állandó, jobbos. Ennek a célja, hogy kiderítsük, hogy adott sodrású menethez milyen csavarodású poligontest nyújt kedvezőbb értékeket a megmunkálás során.



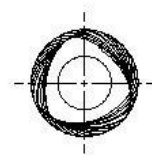
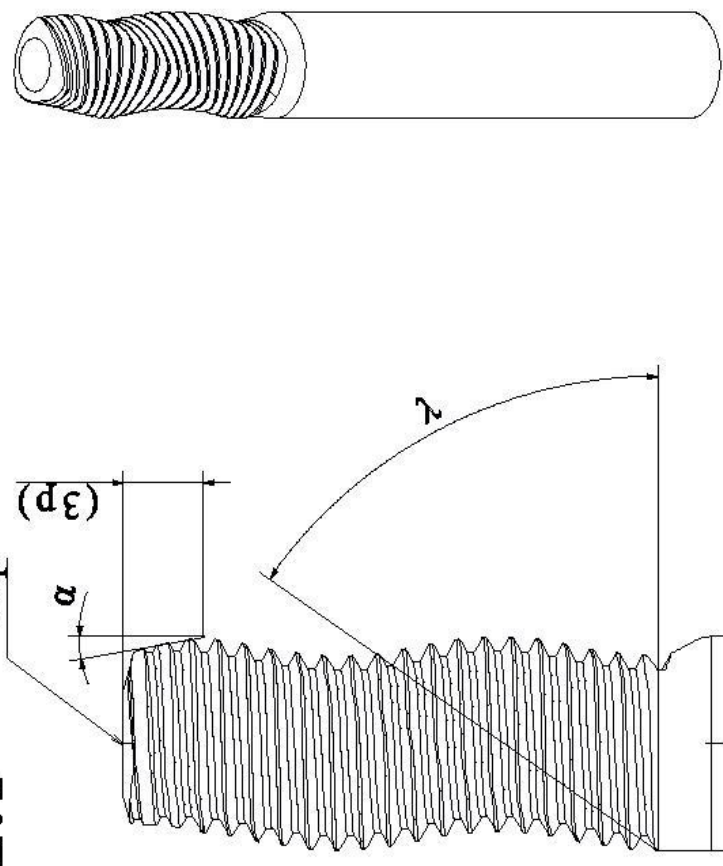
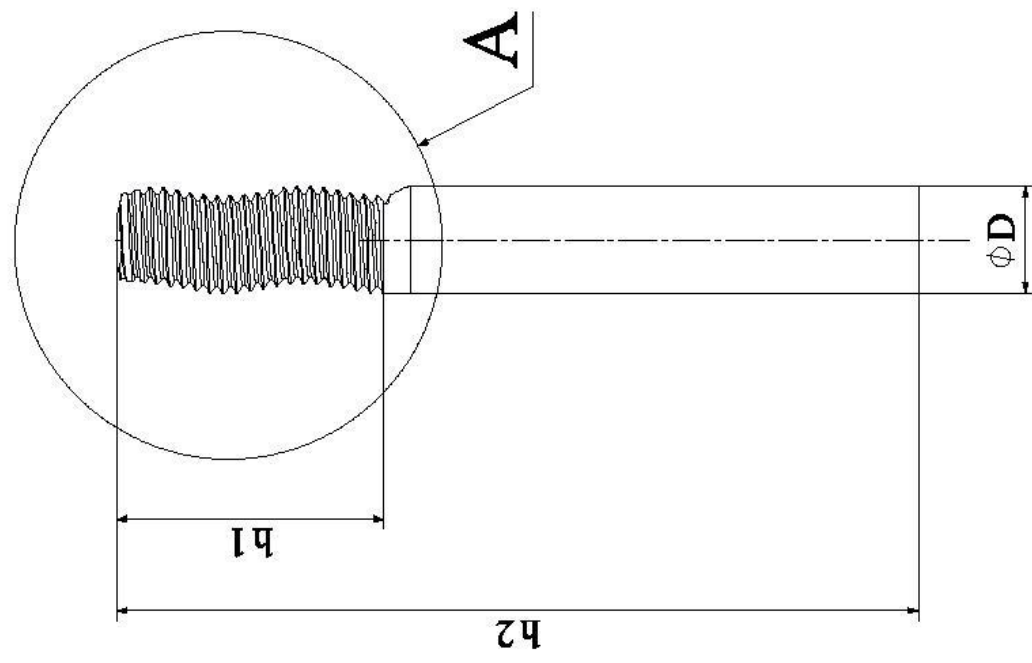
4.1. ábra. A legyártásra kerülő menetalakító szerszámok.

5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] dr. Sipos Sándor: Forgácsolástechnológia szerszámai. Menetmegmunkálás és szerszámai. ÓE-BGK. Budapest, 2011. p. 14-15.
- [2] Tállai Péter – Csuka Sándor – dr. Sipos Sándor: Menetformázók teljesítménynövelése optimalizált bevonatok alkalmazásával. Budapest, 2011.
- [3] dr. Mikó Balázs: Forgácsolástechnológia számítógépes tervezése I. Menetmegmunkálás. ÓE-BGK. Budapest, 2010. p. 32.
- [4] Gühring, Jörg: Gewindeformwerkzeug. Bundesrepublik Deutschland Deutsches Patent- und Markenamt. Albstadt, 2004. p. 2.
- [5] TRUMPF GmbH + Co.: Technische Information. Gewindeformen. Ditzingen, 2003. p. 8.
- [6] Frank, Adolf – Trantin, Helmut – Pflanzl, Manfred: Die „Polygon – Normen” DIN 32711 und DIN 32712 – „Upgrading” oder Neunormung. Graz.
- [7] Herczeg István: Szerkesztési Atlasz. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1980. p. 134.

6. MELLÉKLET

1. sz. melléklet: A menetformázó szerszám parametrikusan állítható értékei



n (poligon csúcsainak száma)
 ϵ (poligon relatív excentricitása)

Tervezte: Sziláncs András	ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar			I	-
Dátum: 2012.09.29.				H	-
Ellenőrizte:				G	-
Dátum:				F	-
Lapok: A4	1. sz. melléklet A menetformázó szerszám parametrikusan állítható értékei			E	-
Méretarány: Súly (kg):				D	-
				C	-
				B	-
				A	-