

Marás esztergapadon – Hengeres felületű alkatrészek kialakításának elemzése

Milling on turning lathe – The analysis of cylindrical surface cutting

BIRÓ Csaba

kitkut_csabi@yahoo.com

Sapientia EMTE, Marosvásárhely Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki szak

Vezető tanára: Dr. Máté Márton

Kivonat

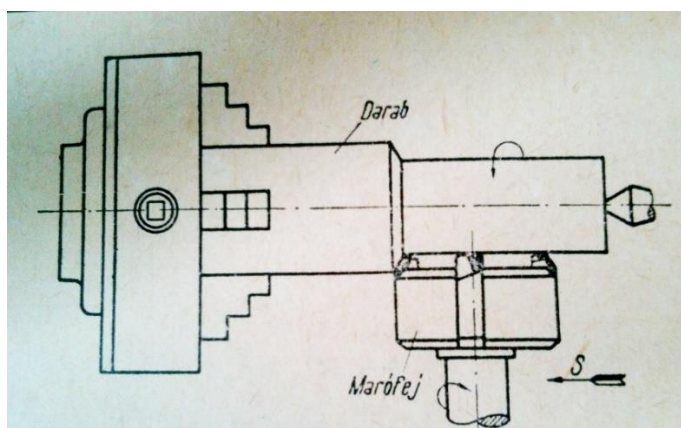
Manapság a fémmegmunkálás területén igen elterjedt a számvezérlésű úgynevezett CNC- gépeken történő megmunkálás. Valóban, ez a technológia a legfejlettebb és a legtöbb lehetőséget kínálja a gyártóknak a formagenerálás területén. Azonban ne feledkezzünk el a jól bevált, hagyományos mechanikus vezérlésű szerzőgépekről sem. Felruházzhatjuk e gépeket olyan készülékekkel, amelyek segítségével megnövelhető a kihasználtsági tényezőjük. Számos esetben lehet hasznos a javasolt megoldás: a modern, számvezérlésű gépünk javításra szorul, a kemény forgácsolási körülmények miatt kímélni akarjuk a CNC-gépet, stb. Jelen dolgozat a hagyományos esztergán történő hengeres felületek marási lehetőségeit tárgyalja. Az eljárás lényegét késtartó helyére tervezett marókészülék segítségével való megmunkálás képezi. A kitűzött célok a matematikai modell felállítása, és ennek Mathcad környezetben való kiértékelése. A matematikai modell magába foglalja a koordináta-transzformációkat valamint a generált felületek egyenleteit. Ezek segítségével választjuk ki a hengeres felület esztergán történő marásához az optimális marószerszámot, tanulmányozzuk a szerszám élei által leírt görbéket és felületeket, a megfelelő forgácsolási paraméterek meghatározása érdekében. Olyan marókészüléket tervezünk, amely felszerelhető az esztergapad keresztzánjára.

Kulcsszavak: forgásfelület, marás, eszterga, pályagörbe, mikrojeometria

1. Hengeres felületek esztergán való marásának elve

Figyelembe véve a hengeres felületek hagyományos esztergán, illetve marón történő megmunkálásának előnyeit és hátrányait arra a következtetésre jutunk, hogy olyan forgácsolási eljárást kéne alkalmazni, amely ötvözi a marás és az esztergálás előnyeit.

Az egyik lehetséges módszer az hagyományos eszterga felruházzása egy marókészülékkel. Mivel a marókészülék átvinné az esztergakés szerepét ezért az eszterga késtartójára nincs szükség a külső hengeres felület megmunkálása esetén. Tehát a marókészüléket úgy kell megtervezni, hogy fel lehessen azt szerelni az eszterga keresztzánjára. Így amikor szükséges a késtartó szán használata akkor annak visszaszerelése is megoldható lenne indokolt esetekben. A hengeres felületek esztergán történő marását esztergáló marásnak nevezzük.



1. ábra. Esztergáló marás elvi vázlatja [5]

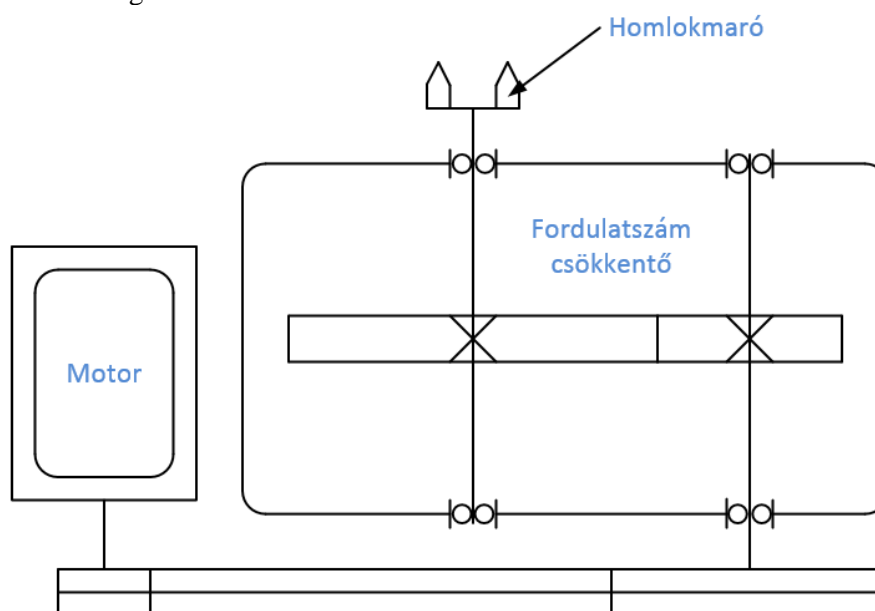
Az esztergáló marás előnyei:

- megnövelt termelékenység;
- nagyobb él tartam, az esztergakés helyett több élű szerszám (homlokmaró) használata;
- növelhető a forgácsolási sebesség;
- kedvezőbb forgácsolási viszonyok;
- széria és sorozatgyártásra is alkalmas;
- szükség esetén használható a modern CNC gépek javításának vagy karbantartásának idején;
- nagyobb a gép kihasználtsága;
- modern homlokmaró szerszám használatának a lehetősége;
- jobb felületi minőség.

2. A marókészülék elvi felépítése és a lehetséges műszaki paraméterek:

A marókészülék főbb szerkezeti elemei:

- 3 fázisú 2 pólusú aszinkron motor;
- egylépcsős fordulatszám csökkentő;
- szerszám befogó.



2. ábra. A marókészülék kinematikai vázlata

Az aszinkron motor főbb paraméterei [6]:

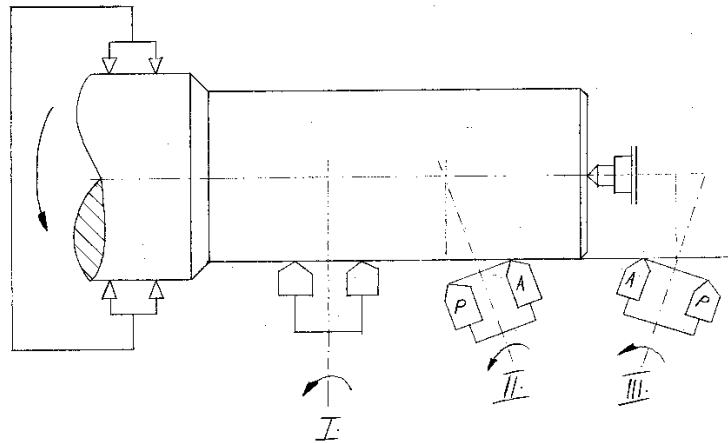
- névleges teljesítmény: $P_N = 2.2 \text{ Kw}$;
- névleges fordulat: $n_N = 2820 \text{ ford/perc}$.

Az egylépcsős fordulatszám-csökkentő paraméterei:

- bemenő teljesítmény: $P_{be} = 2.2 \text{ Kw}$;
- bemenő fordulatszám: $n_{be} = 2820 \text{ ford/perc}$;
- a hajtás áttétele: $u=1,5$;
- kimenő fordulatszám: $n_{ki} = 1880 \text{ ford/perc}$.

Három lehetséges pozícióban lehet elhelyezni a marókészüléket a munkadarab forgástengelyéhez képest:

- I. A homlokmaró forgástengelye merőleges a munkadarab forgástengelyére. Ebben az esetben a maró mindkét oldalán levő él aktív így a forgácsleválasztás során az első él nagyol a második él pedig simít, egy műveletben történik a nagyolás és a simítás is.
- II. A maró forgástengelye nem merőleges a munkadarab forgástengelyére, ki van döntve egy bizonyos szöggel. Ebben az esetben csak az egyik oldalon található élek forgácsolnak egy időpillanatban.
- III. A maró forgástengelye az előző pozícióhoz képest ellentétes irányba helyezkedik el a munkadarab forgástengelyéhez, képest.



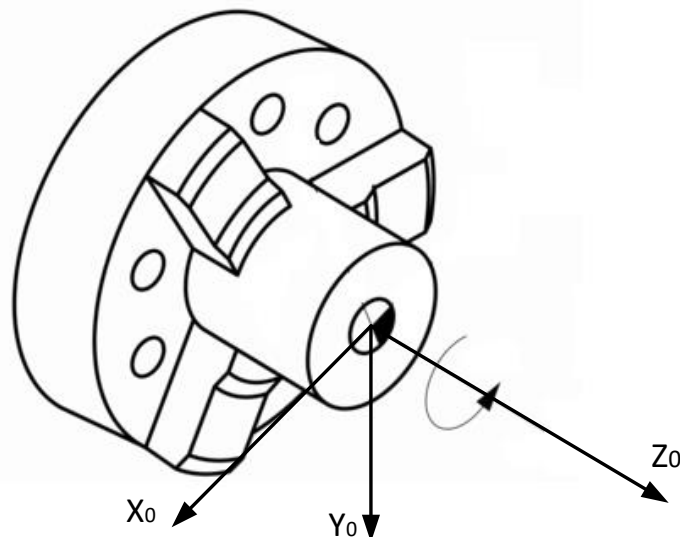
3. ábra. A marókészülék lehetséges helyzete

Jelen dolgozatban az első esetet tanulmányozom, amikor a maró forgástengelye merőleges a munkadarab forgástengelyére. Ebben az esetben a homlokmaró egy azon időben nagyol és simít a forgácsolás során, tehát a maró mindkét oldalán levő él aktív. A marókészülék egyenes vonalú mellékmozgását az eszterga hosszanti előtolását létrehozó előtolómű biztosítja. A marókészülék a keresztszánra van felszerelve.

3. A matematikai modell felépítése

3.1 A kinematikai koordináta rendszerek meghatározása

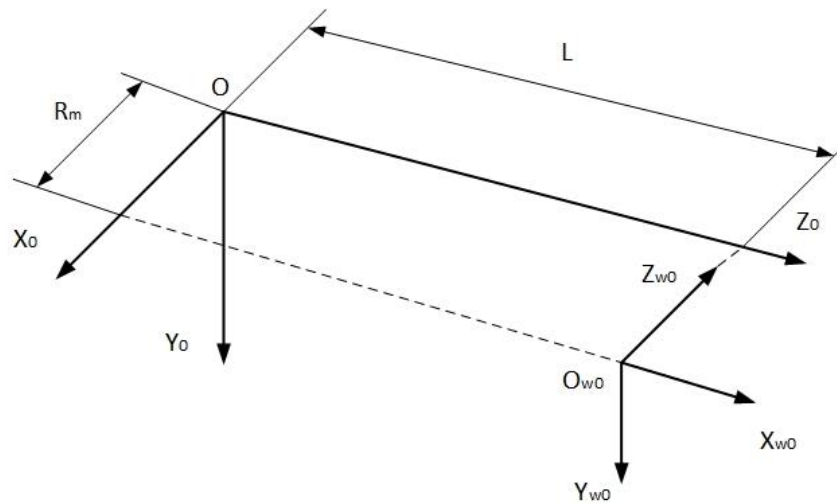
A matematikai modell felépítésének alapja a kinematikai koordináta-rendszerek meghatározása. Első lépésként meghatározzuk az $OX_0Y_0Z_0$ szerszámgéphez kötött koordináta rendszert (4. ábra). Ez egy rögzített, referencia koordináta rendszer. Az OX_0 tengely iránya egybeesik a keresztszán elmozdulási irányával értelme pedig megegyezik a radiális forgácsoló erő értelmével. Az OY_0 tengely iránya és értelme megegyezik a főmozgás érintőjének az irányával és értelmével. Az OZ_0 tengely iránya egybeesik a főorsó geometriai tengelyével, értelmét pedig úgy határozzuk meg hogy a koordináta rendszer jobbsodrású legyen (4. ábra).



4. ábra. A szerszámgéphez kötött koordináta rendszer

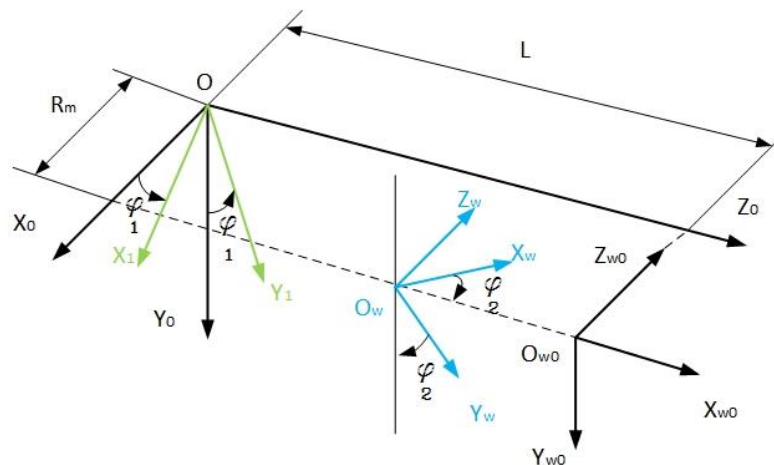
Miután felvettük a szerszámgéphez kötött koordináta rendszert meghatározzuk a szerszámhoz (maró) kötött koordináta-rendszert kezdeti pillanatban melyet $O_{w0} X_{w0} Y_{w0} Z_{w0}$ -val jelölünk.

Az $O_{w0}X_{w0}$ tengely iránya és értelme megegyezik az OZ_0 tengely irányával és értelmével, az $O_{w0}Y_{w0}$ tengely iránya és értelme egybeesik az OY_0 tengely irányával és értelmével. Az $O_{w0}Z_{w0}$ tengely iránya és értelme megegyezik az OX_0 tengely irányával és értelmével ez a maró forgástengelye (5. ábra). A munkadarab hosszát jelöljük L -lel, a sugarát pedig R_m -mel.



5. ábra. A koordináta-rendszerek helyzete kezdeti állapotban

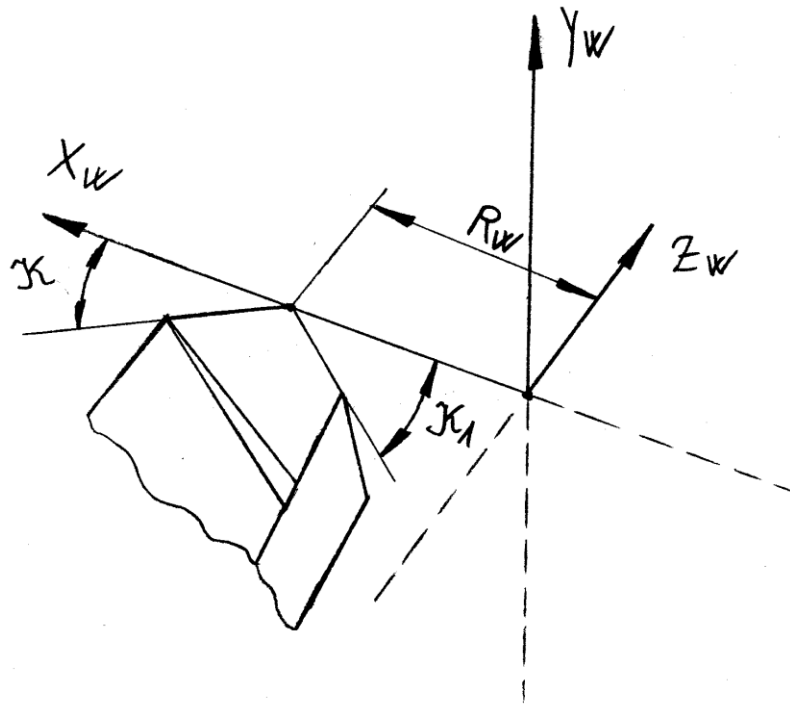
Továbbá szükség van egy $OX_1Y_1Z_1$ koordináta rendszer felvételére, amely a munkadarabhoz kötött ezért ezt munkadarab koordináta-rendszernek nevezzük. Kezdeti állapotban, mielőtt a forgácsolás elkezdődne a munkadarabhoz kötött $OX_1Y_1Z_1$ koordináta rendszer egybeesik a szerszámgéphez kötött álló $OX_0Y_0Z_0$ koordináta-rendszerrel. Ahhoz, hogy forgácsolás során a hengeres felület létrejöhessen, a munkadarabnak el kell fordulnia a saját tengelye körül miközben a maró is elfordul a saját tengelye körül és el is mozdul egy az OZ_0 tengellyel párhuzamos tengely mentén. A munkadarab elfordulási szögét jelöljük φ_1 -el. A maró elfordulási szögét a saját tengelye körül jelöli a φ_2 szög. A maró koordináta rendszerének a helyzetét a forgácsolás tetszőleges pillanatában jelöli az $O_w X_w Y_w Z_w$ koordináta rendszer. A koordináta rendszerek helyzetét a forgácsolás időpillanatában szemlélteti a (6. ábra).



6. ábra. A koordináta rendszerek helyzete a forgácsolás időpillanatában

4.2 A forgácsoló él egyenletei

A matematikai modell esetén egy jobbos homlokmaró által leírt felületgörbéket tanulmányozok. Ahhoz hogy föl tudjuk írni a maró fogai által generált felület egyenletét meg kell határozni a maró főél- és mellékél-egyenleteit (7. ábra).



7. ábra. A fő él és a mellék él jobbos maró esetén

K - a fő él elhelyezési szög.

K_1 - a mellék él elhelyezési szög.

\mathbf{u} - egységvektor.

$R_w=R_{w0}$ – a maró sugara.

4.2.1 A fő él parametrikus egyenletei:

$$X_w(u) := R_{w0} + u \cdot \cos(K) \quad (4)$$

$$Y_w(u) := 0$$

$$Z_w(u) := -u \cdot \sin(K)$$

4.2.2 A mellék él parametrikus egyenletei:

$$X_w_m(u) := R_{w0} - u \cdot \cos(K_1) \quad (5)$$

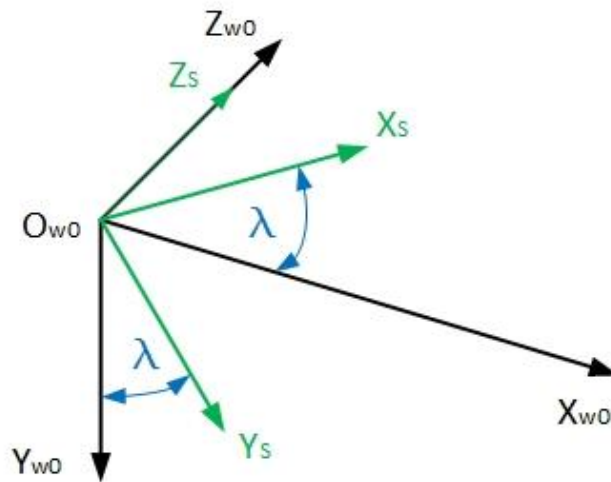
$$Y_w_m(u) := 0$$

$$Z_w_m(u) := -u \cdot \sin(K_1)$$

4.2.3 Az általános helyzetű él egyenletei a maró testéhez viszonyítva:

Fölírjuk az általános helyzetű él egyenleteit a maró koordináta rendszeréhez képest, amelyet $O_{w0} X_{w0} Y_{w0} Z_{w0}$ jelölünk. Meghatározunk egy $O_S X_S Y_S Z_S$ segéd koordináta-rendszert, amely az általános helyzetű élhez kötött (8. ábra). Az általános helyzetű fő él és mellék él egyenletei a segéd koordináta rendszerben megegyeznek az előbbi (1) és (2) egyenletekkel. Tehát az általános helyzetű fő és mellék él egyenleteit a szerszám testéhez viszonyítva a segéd- és a maró koordináta-rendszerek közötti transzformációs egyenletből kapjuk meg:

$$\mathbf{r}_W = \mathbf{M}_{WS} \cdot \mathbf{r}_S \quad (6)$$



8. ábra. A koordináta rendszerek helyzete

M_{WS} - a transzformációs mátrix a segéd koordináta rendszerből a maró koordináta rendszerébe:

$$M_{WS} = \begin{vmatrix} \cos(\lambda) & \sin(\lambda) & 0 & 0 \\ -\sin(\lambda) & \cos(\lambda) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (7)$$

r_s - az fő él parametrikus egyenletei mátrix formában:

$$r_s = \begin{vmatrix} R_{W0} + u \cdot \cos(K) \\ 0 \\ -u \cdot \sin(K) \\ 1 \end{vmatrix} \quad (8)$$

Összeszorozva a (7) és a (8) as mátrixokat megkapjuk a tetszőleges helyzetű fő él egyenleteit mátrix formában a maró testéhez viszonyítva r_w :

$$r_w = \begin{vmatrix} \cos(\lambda) & \sin(\lambda) & 0 & 0 \\ -\sin(\lambda) & \cos(\lambda) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} R_{W0} + u \cdot \cos(K) \\ 0 \\ -u \cdot \sin(K) \\ 1 \end{vmatrix} \quad (9)$$

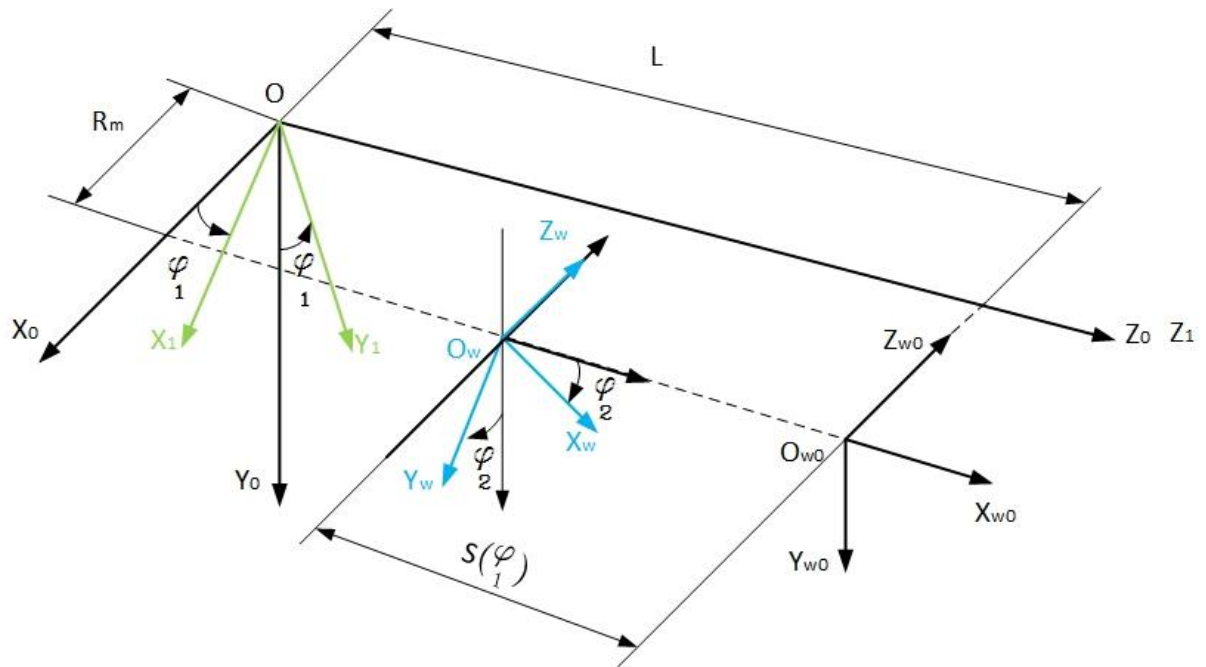
$$r_w = \begin{vmatrix} [R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \cos(\lambda) \\ [R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot -\sin(\lambda) \\ -u \cdot \sin(K) \\ 1 \end{vmatrix} \quad (10)$$

4.3 A generált felület egyenletei:

Ahhoz, hogy a maró fogai által leírt felületi görbéket megkapjuk a munkadarab koordináta rendszerében előbb a maró koordináta rendszeréből a szerszámgéphez kötött koordináta rendszerbe, majd a szerszámgép koordináta rendszeréből a munkadarab koordináta rendszerébe megyünk át. Ehhez föl kell írunk a következő transzformációs mátrixokat:

- M_{mo} transzformációs mátrixot a szerszámgéphez kötött és a munkadarab koordináta rendszerek között (9. ábra).

$$M_{mo} = \begin{vmatrix} \cos(\varphi_1) & \sin(\varphi_1) & 0 & 0 \\ -\sin(\varphi_1) & \cos(\varphi_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (11)$$



9. ábra. A koordináta rendszerek helyzete egy adott forgácsolási pillanatban

- M_{ow} transzformációs mátrixot a szerszám és a szerszámgéphez kötött koordináta rendszerek között (9. ábra).

$$M_{ow} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 & R_m \\ \sin(\varphi_2) & \cos(\varphi_2) & 0 & 0 \\ \cos(\varphi_2) & -\sin(\varphi_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L - S(\varphi_1) \end{vmatrix} \quad (12)$$

- az általános helyzetű fő él egyenleteit r_w , a (10)-es oszlopban írtuk fel.

jelölések:

\mathbf{f}_1 – a munkadarab elfordulási szöge.

\mathbf{f}_2 – a maró elfordulási szöge.

Mivel a marókészülék az esztergapad keresztzánójára van rögzítve, a szerszám hosszanti előtolását az eszterga- előtolómű biztosítja. Esztergálás során az előtolást a munkadarab elfordulásához képest határozzuk meg, ezért mm/fordulat-ban adjuk meg. Ebből arra a következtetésre jutunk, hogy a maró hosszanti előtolása függ a munkadarab \mathbf{f}_1 elfordulási szögétől, ezért a következőképpen adjuk meg.

$S(\mathbf{f}_1)$ – a maró hosszanti előtolása.

Összeszorozva az előbbi transzformációs mátrixokat megkapjuk a maró élei által leírt felületi görbék egyenleteit:

$$r_m = M_{mo} \cdot M_{ow} \cdot r_w \quad (13)$$

$$r_m = \begin{vmatrix} \cos(\varphi_1) & \sin(\varphi_1) & 0 & 0 \\ -\sin(\varphi_1) & \cos(\varphi_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 & R_m \\ \sin(\varphi_2) & \cos(\varphi_2) & 0 & 0 \\ \cos(\varphi_2) & -\sin(\varphi_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L - S(\varphi_1) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} [R_{w0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \cos(\lambda) \\ [R_{w0} + u \cdot \cos(K)] \cdot -\sin(\lambda) \\ -u \cdot \sin(K) \\ 1 \end{vmatrix} \quad (14)$$

$$M_{ow} \cdot r_w = \begin{vmatrix} u \cdot \sin(K) + R_m \\ [R_{w0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin\varphi_2 - [R_{w0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \sin(\lambda) \cdot \cos\varphi_2 \\ [R_{w0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \cos(\lambda) \cdot \cos\varphi_2 + [R_{w0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \sin(\lambda) \cdot \sin\varphi_2 \\ L - S(\varphi_1) \end{vmatrix} \quad (15)$$

A maró élei által leírt felületi görbék egyenletei mátrix formában:

$$r_m = \left\| \begin{array}{l} [u \cdot \sin(K) + R_m] \cdot \cos(\varphi_1) + \{[R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin\varphi_2 - [R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \sin(\lambda) \cdot \cos\varphi_2\} \cdot \sin(\varphi_1) \\ [u \cdot \sin(K) + R_m] \cdot -\sin(\varphi_1) + \{[R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin\varphi_2 - [R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \sin(\lambda) \cdot \cos\varphi_2\} \cdot \cos(\varphi_1) \\ [R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \cos(\lambda) \cdot \cos\varphi_2 + [R_{W0} + u \cdot \cos(K)] \cdot \sin(\lambda) \cdot \sin\varphi_2 \\ L - S(\varphi_1) \end{array} \right\| \quad (16)$$

4.4 A maró élei által leírt felületsereg tanulmányozása:

Miután fölírtuk a transzformációs mátrixokat és a tetszőleges helyzetű él egyenleteit, ezeket felhasználva a Mathcad program segítségével, le lehet szimulálni egy adott átmérőjű maró élei által leírt felületeket. A program úgy van megírva, hogy lehetőség van változtatni mind a homlokmaró mind a megmunkálandó munkadarab méreteit tetszés szerint. Ugyanakkor lehetőség van a forgácsolási paraméterek változtatására is (fordulatszám, fogankénti előtolás, hosszanti előtolás, fogásmélység, forgácsolási sebesség, az áttételi arány a maró és a munkadarab forgómozgása között).

4.4.1 A program bemenő adatai:

$R_m := 17.5$	- a munkadarab sugara [mm];
$K := 45 \cdot \frac{\pi}{180}$	- a fő él elhelyezési szög [rad];
$K_1 := 20 \cdot \frac{\pi}{180}$	- a mellékél elhelyezési szög [rad];
$L := 300$	- a megmunkálandó felület hossza [mm];
$R_w := 16$	- a maró sugara [mm];
$dw := 2 \cdot R_w$	- a maró átmérő [mm];
$Z_w := 3$	- a maró fogszáma;
$t := 2$	- a fogásmélység [mm].

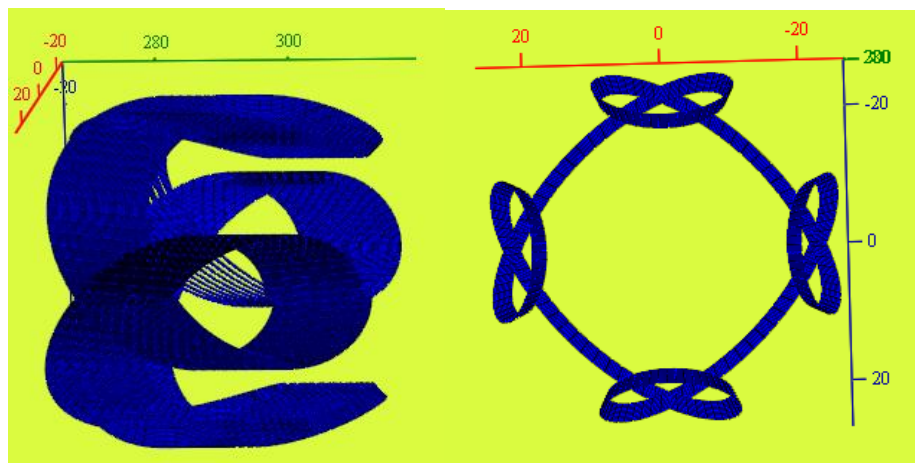
A függvényeket valamint az állandókat a következő módon adjuk meg:

$S_z := 0.12$	- a fogankénti előtolás maró esetén [mm/fog];
$S(\varphi_2) := \frac{\varphi_2^2}{2 \cdot \pi} \cdot S_z \cdot Z_w$	- a maró előtolása mm-ben az elfordulási szög szerint;
$v := 120$	- a maró forgácsolási sebessége [m/perc];
$n_2 := \frac{v \cdot 500}{\pi \cdot R_w}$	- a maró fordulatszáma [fordulat/perc];
$n_2 = 1193.662$	
$q := \frac{1}{6}$	- fordulatszám-arányossági tényező;
$n_1 := n_2 \cdot q$	
$n_1 = 198.944$	- a munkadarab fordulatszáma [fordulat/perc];
$\mathcal{Q} := n_2 \cdot S_z \cdot Z_w$	- a maró percenkénti előtolása [mm/perc];
$\mathcal{Q} = 429.718$	
$s_1 := \frac{\mathcal{Q}}{n_1}$	- az eszterga fordulatonkénti előtolása [mm/fordulat].
$s_1 = 2.16$	

4.4.2 A maró élei által generált felületek:

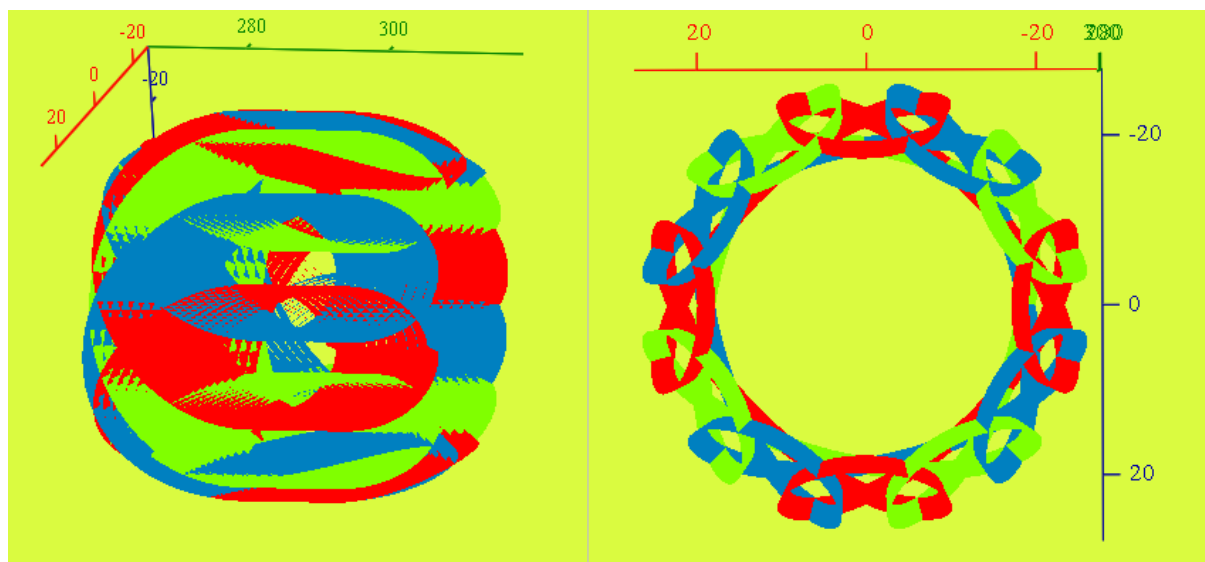
A q -arányossági tényező jelen esetben a maró és a munkadarab fordulatszáma között teremt kapcsolatot. A maró fordulatszáma jóval nagyobb kell, hogy legyen, mint a munkadarab fordulat, ahhoz hogy megfelelő legyen a maró élei által forgácsleválasztás. Ezért az arányossági tényező jelen esetben $q = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{6}$ ami azt jelenti, hogy a munkadarab egy fordulatára a maró 6 fordulatot tesz meg.

A (9. ábra) egy 35 mm átmérőjű 3 foggal rendelkező homlokmaró egy foga által leírt felületet szemlélteti, $q=1/4$ áttételi arány esetében. Az OZ_0 tengely zöld színrel jelölt, az OX_0 tengely piros és az OY_0 pedig kék. A bal oldali ábrán a munkadarabra írt felület oldalnézetét, míg a jobb oldali ábrán a homloknézetét láthatjuk. Az ábrán jól látható hogy a maró éle egy általánosított, térbeli hurkolt ciklois felületet ír le a munkadarabra.



9. ábra. A maró egy foga által leírt felületi görbék

A (10. ábra) azt az esetet szemlélteti, amikor a maró összes foga forgácsol, jelen esetben három. A szerszám fogai által leírt felületeket különböző színek jelölik.



10. ábra. A maró fogai által leírt felületek

4.4.3 A maró élei által generált felületek vizsgálata:

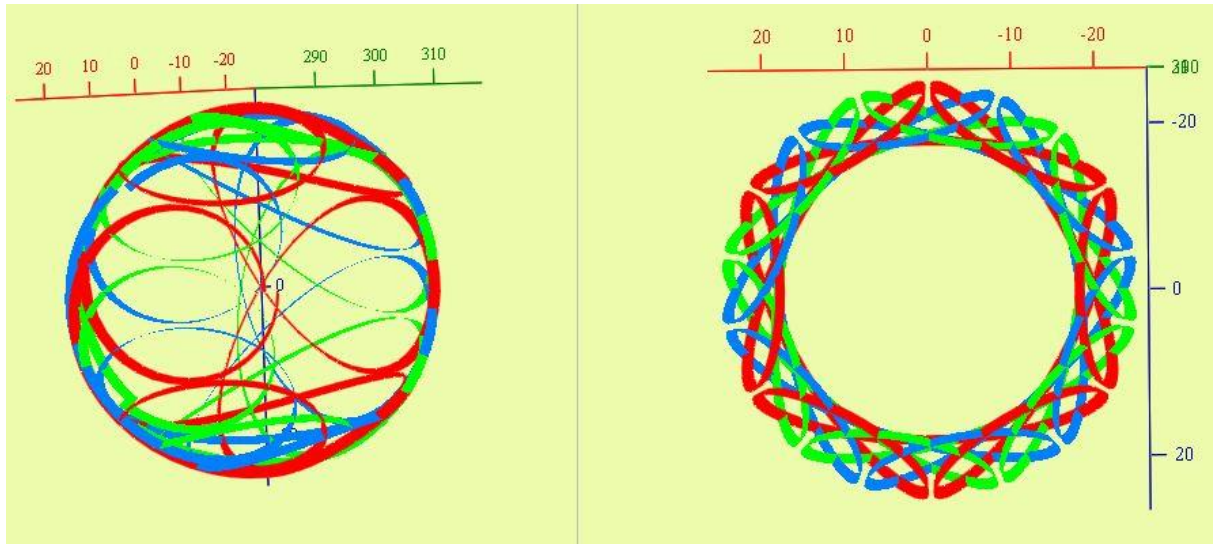
A továbbiakban vizsgálom a maró által leírt felületek evolúcióját illetve a felületi érdességek evolúcióját. Ennek érdekében a következő eseteket tárgyalom.

I. eset

Változtatom a maró fogszámot úgy, hogy a maró átmérő ($D_w = 32$ mm) és a többi bemenő adat konstans marad. A munkadarab átmérője ($D_m = 35$ mm) amely szintén konstans. A „Sandvik.coromant.com online” katalógusból választottam különböző átmérőjű hengeres szárú keményfém lapkás marókat, amelyek a következő fogszámmal rendelkeznek:

D_w maró átmérő [mm]	Z_w fogsám
32	3
40	3
50	4
63	5
80	6

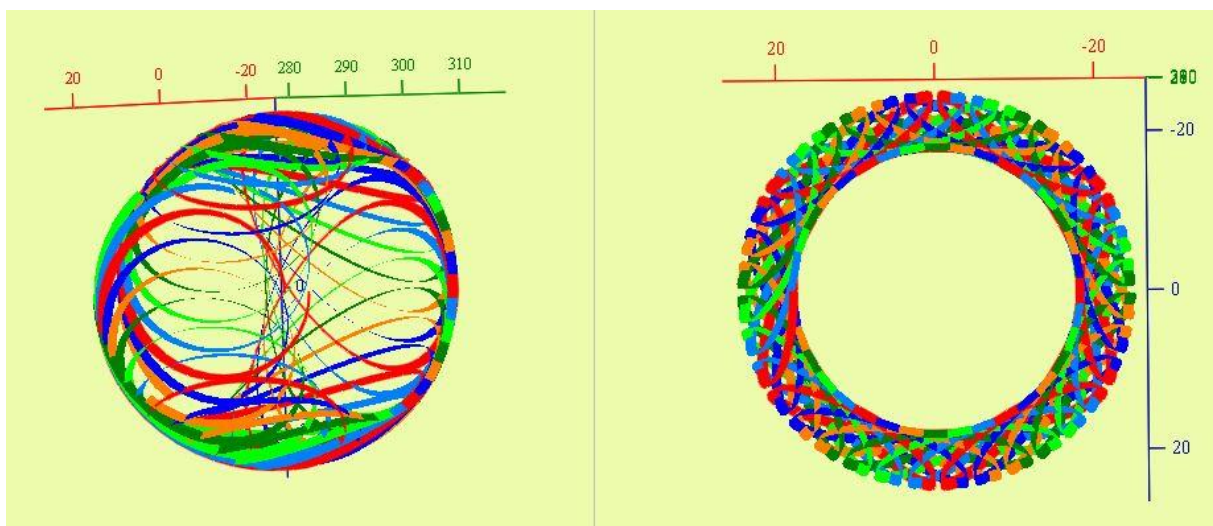
A programba növelve a fogsám-értékeket konstans átmérő mellett a következő felületek jöttek létre. A belső kontúr az élék által leírt kontúr.



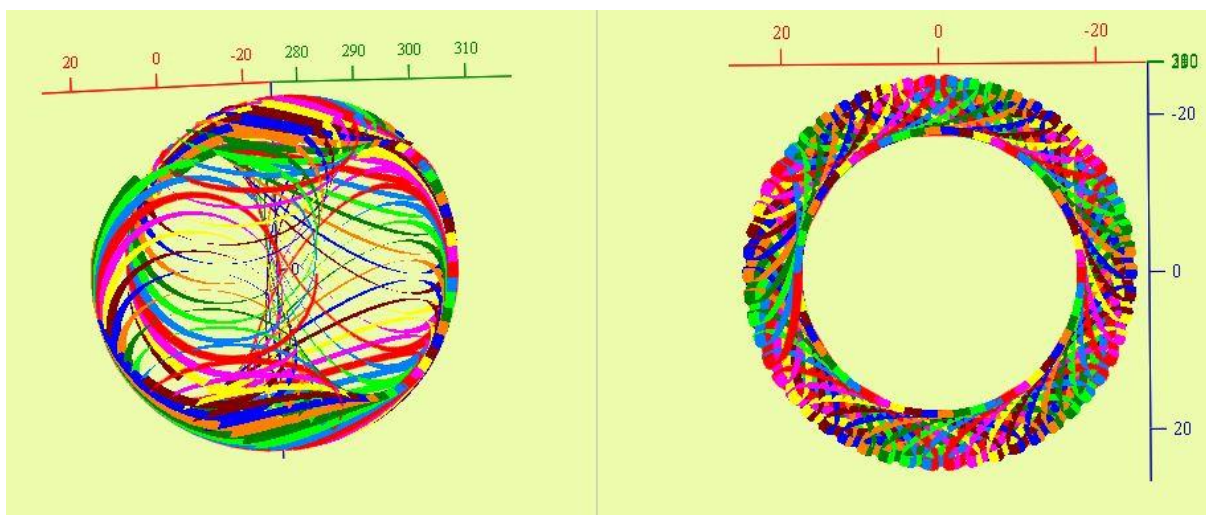
11. ábra. A $D_w=32\text{mm}$, $Z_w=3$ maró által leírt felületi görbék

A 11. ábrán jobb oldalt látszik, hogy a 32 mm-es átmérővel és 3 foggal rendelkező maró fogai által leírt görbék szögletes felületet hoznak létre a munkadarabon, tehát nem tökéletes a hengeres felület (belső kontúr).

Növelve a maró fogainak a számát konstans átmérő mellett a burkoló görbék közti távolság csökken, melynek következtében a felület egyre jobban közelít a hengeres felülethez. A maró élei egy sáv szélesség mentén forgácsolnak, és ezek a sávok egyre jobban közelítenek egymáshoz így a belső kontúr a felületek egyre jobban megközelítik a hengeres felületet. Ez a tény a következő ábrákon megfigyelhető.



12. ábra. A $D_w=32$, $Z_w=6$ maró által leírt felületek



13. ábra. A $D_w=32\text{ mm}$, $Z_w=9$ maró által leírt felületek

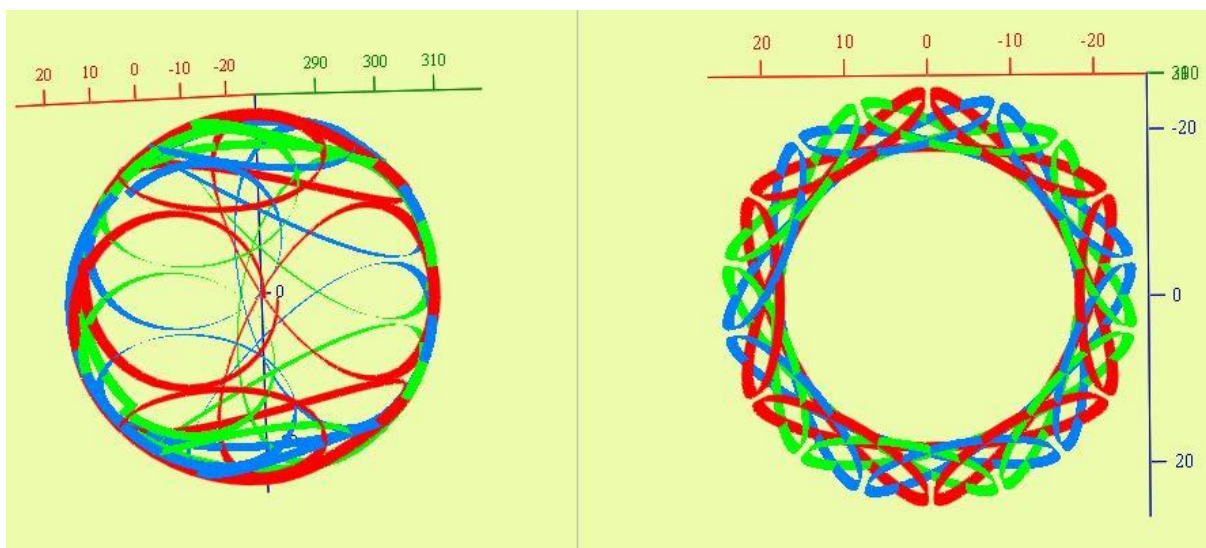
A 12. és 13. ábrákon is jól megfigyelhető, hogy a pályák közti hézag csökken a maró fogszámának növelésével konstans átmérő mellett.

Következtetés: Adott átmérőjű munkadarab esztergáló marása esetén a konstans maró átmérő mellett növelve a szerszám fogainak a számát az élék által leírt felületek annál jobban közelítenek az ideális hengeres felülethez. Ellenkező esetben az élék által leírt felületek távolodnak egymástól, ezért a leírt felület nagymértékben eltér a hengeres felülettől, szögletes felülethez jutunk.

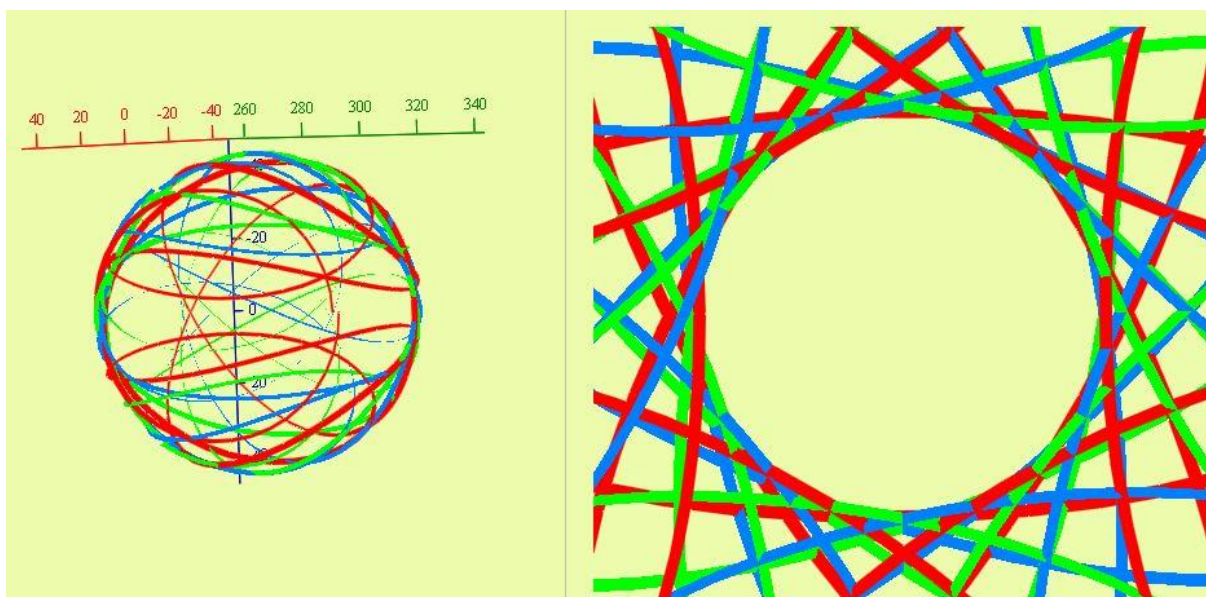
II. eset

Ebben az esetben csak a maró átmérőjét növelem a fogszám is és a többi paraméter konstans marad. A fogszám: $Z_w = 3$.

Növelve a maró átmérőjét azonos fogszám mellett arra a következtetésre jutunk, hogy növekszik a burkolt belső felület szögletességének mértéke és az átfedés csökken.



14. ábra. A $D_w=32\text{ mm}$ maró által leírt felületek konstans fogszám esetén



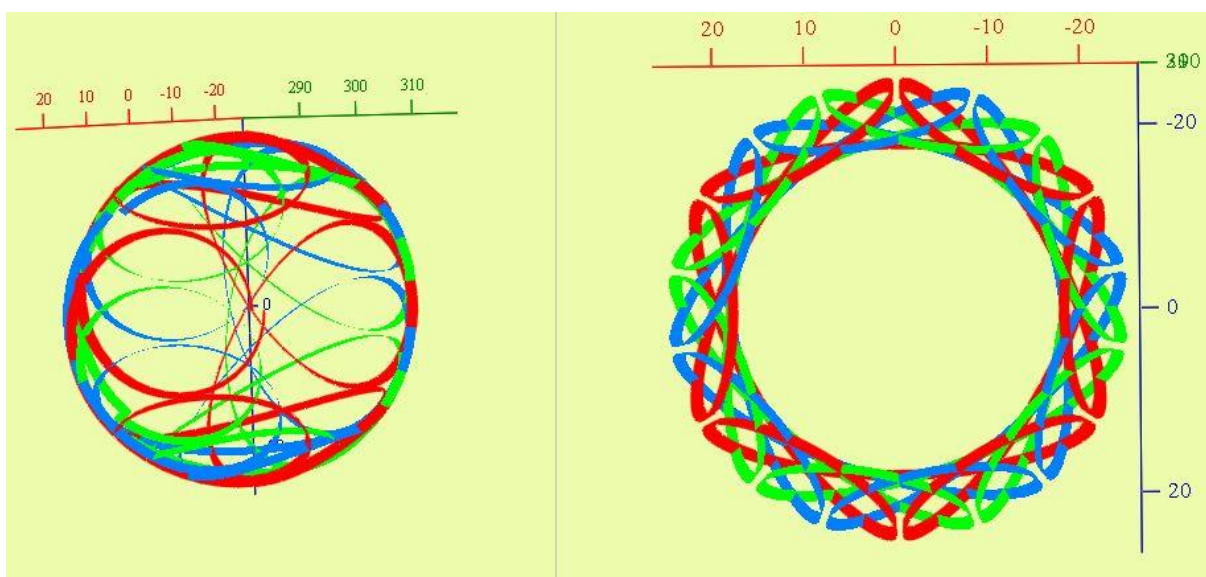
15. ábra. A $D_w=80$ mm maró által leírt felületek

Az előző két ábra szemlélteti a burkoló felületek evolúcióját abban az esetben, ha növeltük a maró átmérőjét ugyanolyan fogszám mellett.

Következtetés: Abban az esetben, ha a maró átmérője nagyobb mint a megmunkálandó darab átmérője, konstans fogszám mellett, az élek kevesebb ideig vannak forgácsolási helyzetben, ennek következtében kevésbé burkolják az élek által leírt felületek a hengeres felületet.

III. eset

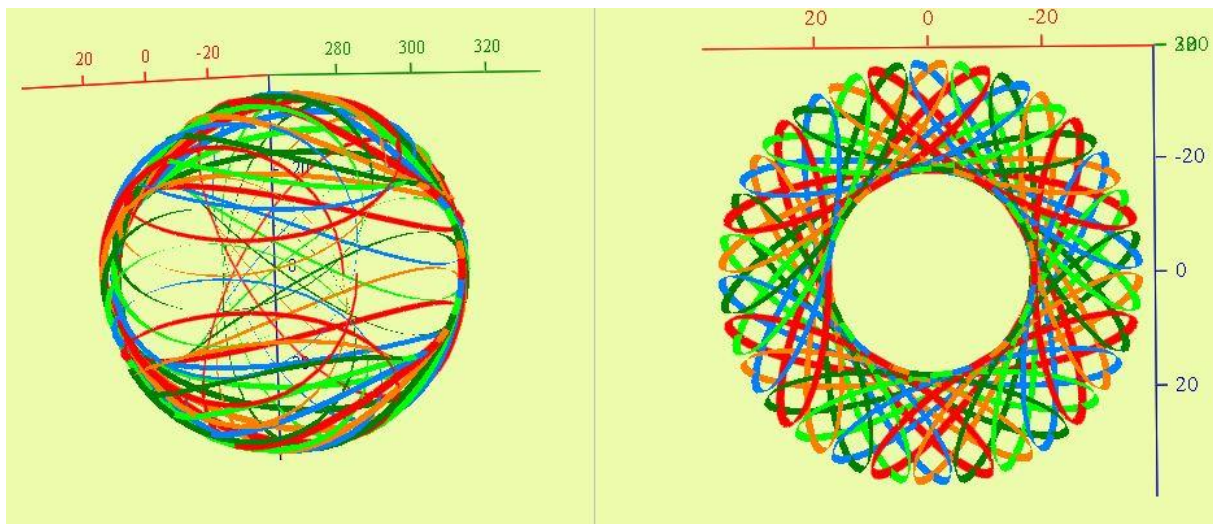
Változtatom a maró átmérőjét és a fogszámot úgy, hogy a többi bemenő adat konstans maradjon. A munkadarab átmérője $D_m=35$ mm, amely szintén konstans. A programba behelyettesítve az adott típusú homlokmaróhoz tartozó átmérő és fogszám értékeket a következő felületekhez jutunk:



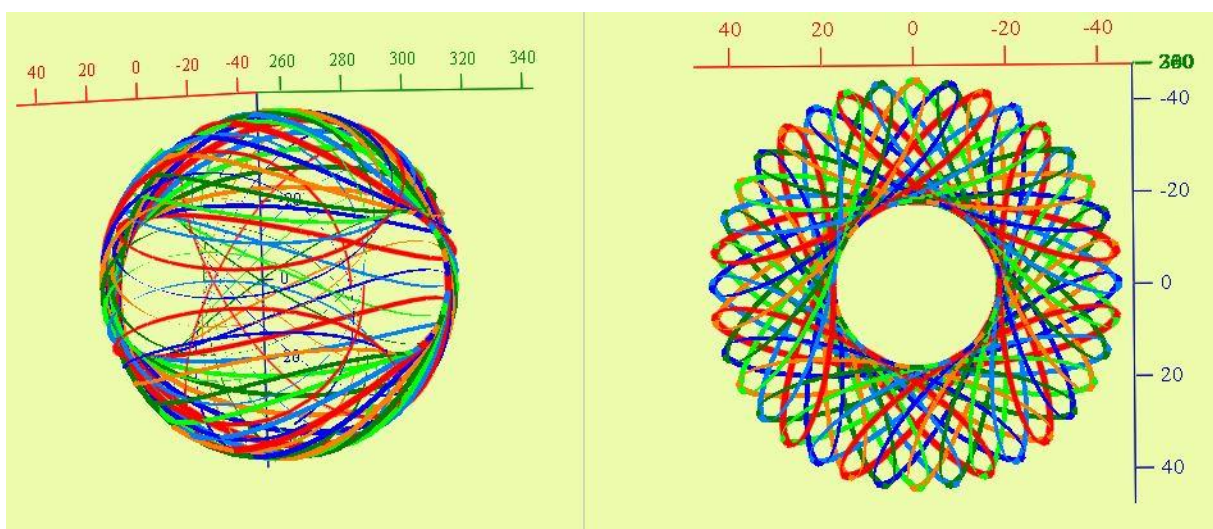
16. ábra. A $D_w=32$ mm maró által leírt felületi görbék

A 25. ábrán látszik, hogy a 32 mm-es átmérővel rendelkező maró fogai szögletes felületet hoznak létre a munkadarabon (belső kontúr), tehát nem tökéletes a burkolt felület.

A kiválasztott marók esetében minél nagyobb az szerszám átmérő és a hozzá tartozó fogszám marók élei által leírt felületek közti távolság annál jobban csökken, tehát ezek elfogadhatóan közelítik meg az ideális hengeres felületet. A nagy átmérőjű maró élei által leírt hurkok, egyre közelítenek egymáshoz, ezért a generált felület szögletessége csökken, ez a következő ábrákon jól megfigyelhető.



17. ábra. A $D_w=63$ mm maró által leírt felületek



18. ábra. A $D_w=80$ mm maró által leírt felületek

A 26. és 27. ábrákon is jól megfigyelhető, hogy a pályák közti hézag növekszik a maró átmérő és a fogszám növelésével.

Következtetés: Adott átmérőjű munkadarab esztergáló marása esetén a szerszám élei által forgácsolt felület akkor közelíti meg e hengeres felületet ha a maró átmérője kisebb mint a megmunkálandó munkadarab átmérője, és a fogak száma a lehető legnagyobb az adott átmérőjű szerszám esetén. Ellenkező esetben ezek távolodnak egymástól, ezért a burkoló felület nagymértékben eltér a hengeres felülettől. Ha a munkadarabnál nagyobb átmérőjű maróval forgácsolok növelnem kell a fogszámot ahhoz, hogy az élfelületek a legjobban megközelítsék az ideális hengeres felületet.

IV. eset

Jelen esetben változtatom az eszterga és ezzel együtt a maró szerszám hosszanti előtolását, mivel a marókészülék az eszterga késtartójának a helyére van szerelve.

Konstans adatok :

- a munkadarab átmérője (35mm);
- a maró átmérője (32mm);
- a maró fogszáma (3);
- a fogankénti előtolás (0,12 mm/fog).

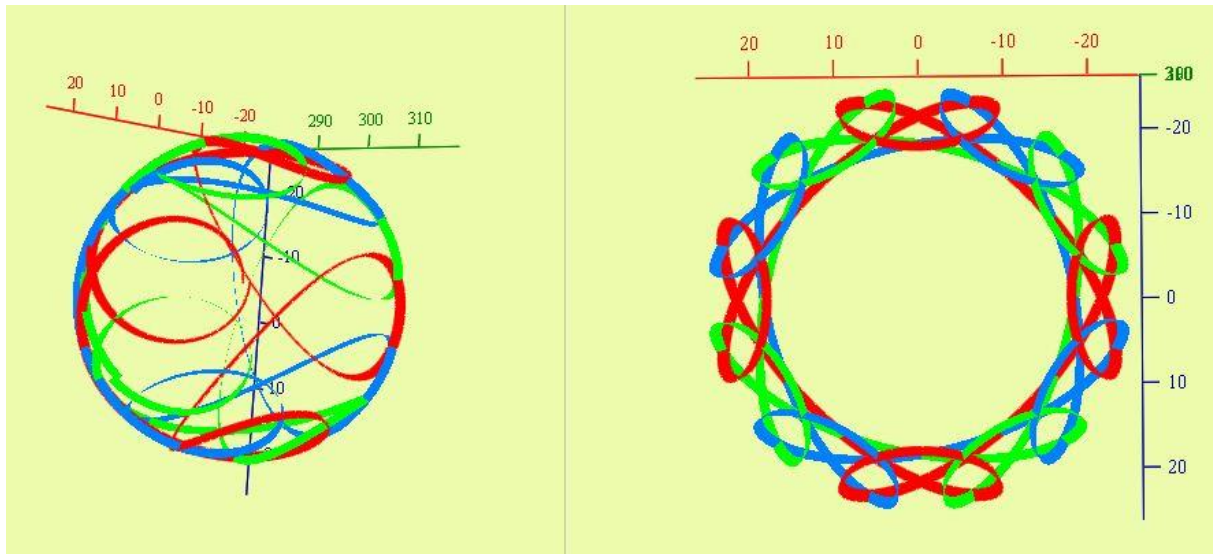
A homlokmaró szerszám hosszanti előtolását megkapjuk, ha a maró percnkénti előtolását elosztjuk a munkadarab fordulatszámával:

$$S_1 = \frac{\zeta_2}{n_1} \quad [\text{mm/fordulat}] \quad (17)$$

Ahhoz hogy változtatni tudjam a hosszanti előtolást változtatnom kell a maró forgácsolási sebességét, ezáltal változik a maró fordulatszám és a maró percnkénti előtolása (ζ_2).

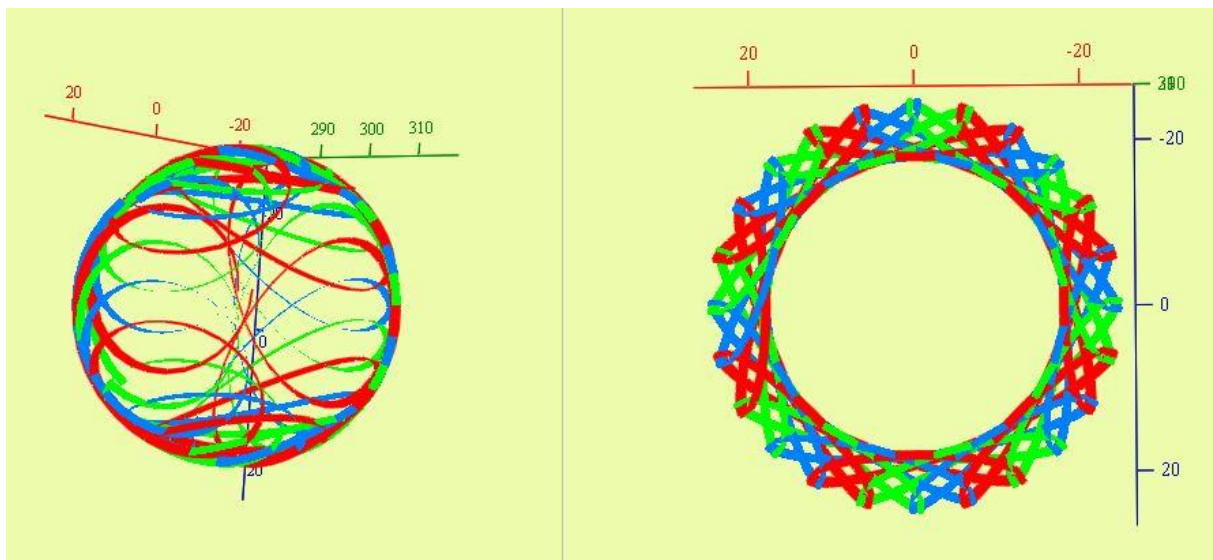
Abban az esetben, ha a munkadarab (n_1) fordulatszámát szeretném változtatni szükséges az arányossági tényező (q) változtatása.

Az elkövetkezőkben csak a q arányossági tényezőt változtatom és vizsgálom a felületi görbék evolúcióját. Kezdetben az arányossági tényező értéke: $q=1/4$, ami azt jelenti, hogy az eszterga főorsójának egy fordulata alatt a maró tengelye 4 fordulatot tesz meg.



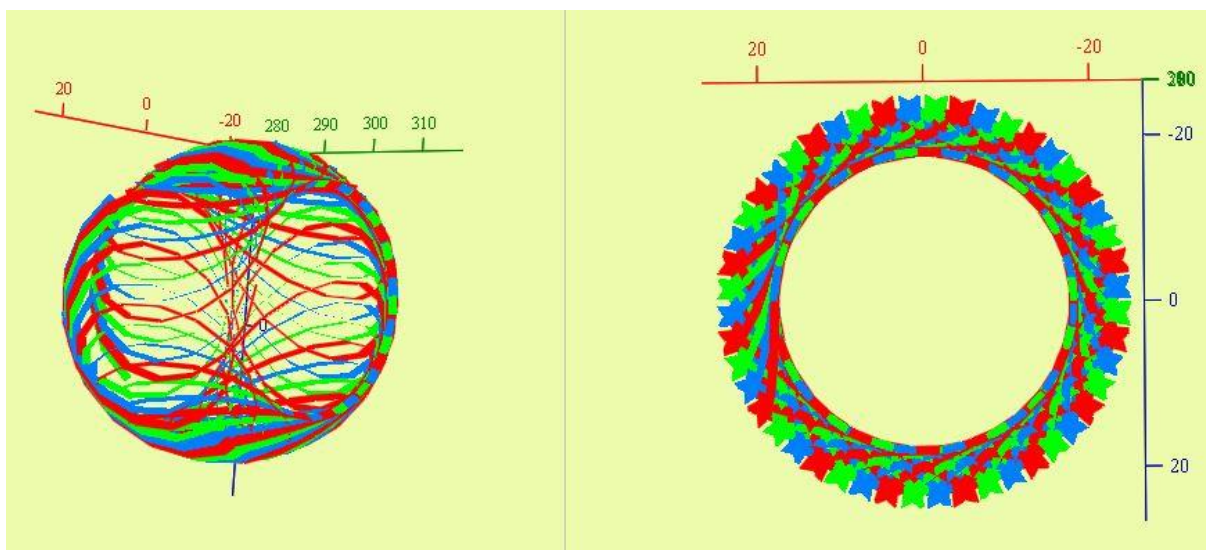
19. ábra. Kezdeti arányossági tényező esetén maró által leírt felületek, $q=1/4$

Fokozatosan csökkentve az arányossági tényezőt csökken a munkadarab fordulatszám (n_1), ennek következtében növekszik a hosszanti előtolás értéke (S_1), konstans maró fordulatszám mellett (n_2).



20. ábra. A részfelületekevolúciója csökkentve az arányossági tényezőt $q=1/8$

Megfigyelhető, hogy az arányossági tényező további csökkenésével ($q = \frac{1}{10}, \frac{1}{12}, \frac{1}{16}, \frac{1}{20}$) a maró élei által leírt felületek egyre jobban fedik egymást, ezért egyre tökéletesebb hengeres forgásfelületet burkolnak.



21. ábra. A felületekevolúciója csökkentve az arányossági tényezőt $q=1/16$

Következtetés

Konstans maró átmérő, fogszám és fordulatszám mellett, csökkentve az arányossági tényezőt a szerszám élei által leírt felületek egyre jobban megközelítik a kívánt hengeres felületet. A szomszédos részfelületek között jó az átfedés, ezzel csökken a felületi érdesség.

A grafikai elemzésből levonhatjuk, hogy ha a maró fogszáma növekszik állandó áttételi arány mellett, akkor a szerszám élei által leírt felület szögletessége csökken.

Abban az esetben, ha megnöveljük a maró fordulatszámát a munkadarab fordulataéhoz képest, ami azt jelenti, hogy a maró fogankénti előtolása csökken, akkor az élek által burkolt felület szögletessége is csökken.

3. További fejlesztési lehetőségek

Figyelembe véve mindazt, amit az eddigi illusztrációkból ki lehet mutatni, és el kell fogadni, hogy az esztergapadon való marás egyelőre nagyoló megmunkálásra, főleg nehezen forgácsolható anyagok megmunkálására alkalmazott forgácsolási eljárás. Maró használata esetén a várható szerszámkopás kisebb, mint a folyamatosan fogásban levő esztergakés esetén. Tehát hengeres felületek esztergálással történő nagyoló megmunkálása esetén előnyösebb marókészüléket használni az esztergakés helyett.

A továbbiakban céлом a matematikai modell kibővítése, illetve a homlokmaró által leírt felületek mikro érdességeinek a tanulmányozása, radiális illetve tengelyszelvényben.

4. Szakirodalom

- [1] <http://www.uni-miskolc.hu/~wwwfemsz/forg3.htm> (letöltés dátuma: 2016.04.01)
- [2] Ducsai., J. Forgácsolási eljárások, Tankönyvmester kiadó, Budapest 2008.
- [3] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Mar%C3%A1s> (letöltés dátuma: 2016.04.02)
- [4] http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/5_0227_035_101115.pdf (letöltés dátuma: 2016.04.02)
- [5] Igaz., J. Forgácsoló megmunkálás II/1, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest.
- [6] Máté, M. Kinematika. Erdélyi Múzeum Egyesület, Kolozsvár, 2010.
- [7]. Bálint, L. A forgácsoló megmunkálás tervezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1967.
- [8]. Hollanda Dénes., Tolvaly-Rosca Ferenc. Forgácsolás és szereszámgépeken genereált felületek elmélete. Laboratóriumi gyakorlatok 2006.
- [9]. Hollanda, D., Máté, M. Așchiere și scule. Editura Univ. „Petru Maior”, Tg. Mureș, 2004.