

# Általános matematikai modell felületek, hajtópárok gyártásgeometriai elemzésére, tervezésére és gyártására (ProMAT)

## General Mathematical Modell for Production Geometric Analysis, Designing and Production of Surfaces and Gear Drives

### Model matematic general pentru analiza, proiectarea și prelucrarea suprafețelor conjugate (ProMAT)

Prof. Dr. DUDÁS ILLÉS. D.Sc.

professzor emeritus, illes.dudas@uni-miskolc.hu  
Miskolci Egyetem, Gépgyártástudományi Intézet, H-3515 Miskolc, Egyetemváros  
Nyíregyházi Főiskola, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék,  
H-4400, Nyíregyháza, Sóstói u. 31/B.

#### ABSTRACT

*Based on the results of toothing theory the objective of this study is the analysis of generalization of geometric correct production geometric, production technology methods (for example connection of conjugated surfaces, turning, drilling, milling, grinding, etc.), the production geometric analysis of tools and the mathematical evaluation of geometric and connection relations in common modell (ProMAT). Determinating this method our aspiration is summary of a common system of production geometry of every surface to be producible geometric correctly in modern manufacturing systems (CAD, CAM, CAQ, CIM).*

#### BEVEZETÉS

Ezen tanulmány célkitűzése a kinematikai geometria és a fogazás elmélet eredményeire támaszkodva a geometriailag helyes gyártásgeometriai, gépgyártástechnológiai eljárások (pl.: konjugált felületek kapcsolódása, esztergálás, fúrás, marás, köszörülés, stb.) általánosítása, a szerszámok gyártásgeometriai elemzése a geometriai és kapcsolódási viszonyok matematikai meghatározása közös modellben (ProMAT) való elemzésre. A módszer meghatározása révén törekvünk, hogy minden felület gyártásgeometriáját egy közös rendszerbe összefoglalva tárgyaljuk, hogy a korszerű gyártórendszerekben (CAD, CAM, CAQ, CIM) geometriailag helyesen előállíthatóak legyenek.

#### 1. HENGERES ÉS KÚPOS FELÜLETEK ILLETVE CSAVARFELÜLETEK GYÁRTÁSGEOMETRIÁJÁNAK VIZSGÁLATA ÁLTALÁNOS MATEMATIKAI KINEMATIKAI MODELLBEN

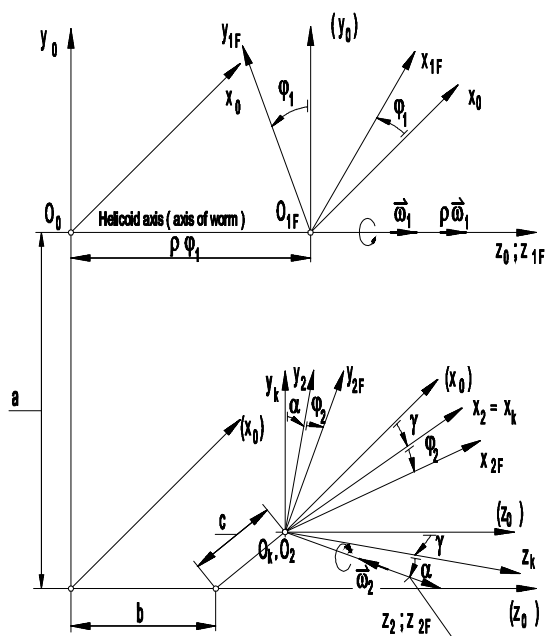
Évtizedek óta tartó kutatómunkánk során a helikoid felületek előállítását elemeztük általános matematikai modellben, a szerző MTA doktori értekezésében (1991) [9]. Ezúttal ezen modell kiterjesztését alkalmazási lehetőségét mutatjuk be a gépgyártástechnológia fontosabb területeire. Jelen tanulmányban a HeliCIM modelleket [8] fejlesztettük tovább az általános gépgyártástechnológiai eljárások alkalmazására is.

##### I.1. Hengeres felületek illetve csavarfelületek gyártásgeometriájának elemzése az általános matematikai-kinematikai modellben

A hengeres csavarfelületek illetve hengeres felületek megmunkálása csak az emelkedés nagyságában függ, vagyis adott nagy emelkedés esetén csavarfelületet kapunk, egy lényegesen kisebb emelkedés esetén hengeres felület esztergálásáról beszélhetünk.

A hengeres csavarfelületek (1. ábra) tárgyalására, a különböző leképzési módok [13, 15, 18] és a generáló szerszámprofilok vizsgálatára célszerű a hengeres csavarfelületek gyártásgeometriáját egy összevont általános rendszerben elemezni. Természetesen ezen rendszerben a hajtópárok is elemezhetőek a  $\gamma$  szög változtatásával.

Ehhez meg kell határozni a generáló szerszámot és a generált csavarfelületet meghatározó koordináta-rendszerek közötti – a leképezés kinematikáját magába foglaló –  $P_{1h}$  transzformációs mátrixot általános esetre. A vizsgálat során alkalmazott koordináta-rendszereket, valamint azok egymáshoz viszonyított helyzetét az 1. ábra szerint rögzítjük.



1. ábra  
Koordináta-rendszerek kapcsolata hengeres csavarfelületek gyártáselméletének általános vizsgálatánál

A 1. ábra jelölései a következők:

- $a, b, c$  szerszám koordináta-rendszere kezdőpontjának ( $O_2$ ) koordinátái a  $K_0$  koordináta-rendszerben,
- $\varphi_1$  a csavarfelüle elfordulásának szöge, (szögelfordulási, burkolási, ill. mozgásparaméter),
- $\varphi_2$  a szerszám elfordulásának szöge (maró vagy köszörűkorong),
- $i_{21}$   $i_{21} = \varphi_2/\varphi_1$  áttétel,
- $\gamma$  a szerszámnak a csavarfelület osztóhengeri menetemelkedési szögével való bedöntése,
- $\alpha$  a szerszám döntési szöge a csavarfelület profiljára, a jellegzetes metszetben (pl. evolvens csavarfelület köszörülése sík homlokfelületű köszörűkoronggal).

A koordináta-rendszerek az alábbiak szerint értelmezhetők:

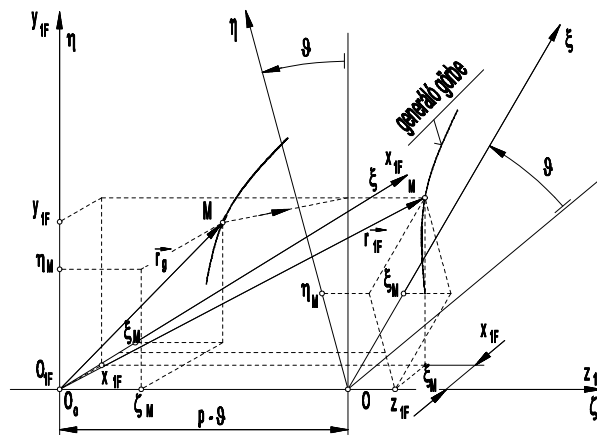
- $K_0(x_0, y_0, z_0)$  álló koordináta-rendszer, a megmunkáló szerszámgép koordináta - rendszere,
- $K_{1F}(x_{1F}, y_{1F}, z_{1F})$  csavarmozgást végző koordináta-rendszer, a csavarfelület koordináta-rendszere,
- $K_2(x_2, y_2, z_2)$  álló koordináta-rendszer, a szerszám koordináta-rendszere,
- $K_{2F}(x_{2F}, y_{2F}, z_{2F})$  a szerszámhoz kötött forgó koordináta-rendszer,
- $K_k(x_k, y_k, z_k)$  segéd koordináta-rendszer,
- $K_S(\xi, \eta, \zeta)$  generálgörbe koordináta-rendszere.

Vizsgálataink során az egységes tárgyalás kedvéért úgy fogjuk fel a kinematikai leképezést, hogy a csavarozást végző felület a csavarfelület, a szerszámfelület pedig csak forgó mozgást végez (illetve esztergálásnál állva marad). A gyártásgeometria általános tárgyalásához mindenekelőtt a hengeres csavarfelületek származtatásának egységes meghatározása szükséges, amelyet a következők szerint értelmezünk.

Adott az  $\vec{r}_g$  generálógörbe a  $K_S(\xi, \eta, \zeta)$  koordináta-rendszerben. Ez a generálógörbe lehet szerszámél (pl. esztergálásnál) vagy érintkezési görbe (pl. köszörülésnél). A generálógörbe egyenletének felírásánál az  $\eta$  paramétert válasszuk, célszerűségből, független változónak. Így a vezérgörbe paraméteres vektorfüggvénye:

$$\vec{r}_g = \xi(\eta) \vec{i} + \eta \vec{j} + \zeta(\eta) \vec{k}. \quad (1)$$

Az  $\vec{r}_g$  generálógörbét hordozó  $K_S(\xi, \eta, \zeta)$  koordináta-rendszerrel a  $\zeta$  tengely mentén  $p$  paraméterű csavarozást közölve a generálógörbe egy csavarfelületet sűrol a  $K_{1F}(x_{1F}, y_{1F}, z_{1F})$  koordináta-rendszerben, amely e mozgás közlése előtt egybeesik a  $K_S$  koordináta-rendszerrel (2. ábra).



2. ábra

A csavarfelület  $\vec{r}_g$  vezérgörbéje a  $K_{1F}$  koordináta-rendszerben

Az  $\vec{r}_g$  vezérgörbe és a  $p$  csavarparaméter határozza meg alapvetően a csavarfelületet. Ugyancsak meghatározó szerepe van az  $\vec{r}_g$  vezérgörbének a szerszámfelület származtatása esetén is.

### 1.1.1. Az ismertett modell alkalmazási lehetőségei

A modell egyaránt alkalmas csavarfelületek egy- és többélű határozott, vagy határozatlan élgeometriájú szerszámmal való megmunkálásának, valamint a megmunkáláshoz szükséges szerszámok tervezésére, a 2. ábrán feltüntetett  $a, b, c, \alpha, \gamma$  paraméterek megfelelő megválasztásával a szabványban rögzítettekén túlmenően minden speciális profilú csavarfelület esetére is.

A csavarfelület a megmunkáló szerszámfelület viszonylagos mozgásbeli burkolója.

A két felület a relatív mozgásban egy térbeli görbe vonal mentén érintkezik egymással, amelynek minden pontjára érvényes a kapcsolódás általános törvénye:

$$\vec{n}^{(1)} \cdot \vec{v}^{(12)} = \vec{n}^{(2)} \cdot \vec{v}^{(12)} = 0, \quad (2)$$

ahol  $\vec{n}^{(1)}$  a csavarfelület normálvektora;  $\vec{n}^{(2)}$  a szerszámfelület normálvektora;  $\vec{v}^{(12)}$  a csavarfelület és a szerszámfelület közötti relatív sebességvektor.

Az érintkezési görbe ismerete lehetővé teszi a szerszám (a *direkt eset*), vagy a csavarfelület (b *indirekt eset*) meghatározását [8, 9].

## I.2. Kúpos csavarfelületek matematikai előállítás

A spiroid hajtópár kúpos csigájának fogfelületét hasonló módon lehet származtatni, mint a hengeres csigáét, de a szerszám axiális elmozdulásával ( $p_a$ ) egy időben – a csiga kúposágától függő – a szerszám tangenciális eltolását ( $p_t$ ) is biztosítani kell [8, 14].

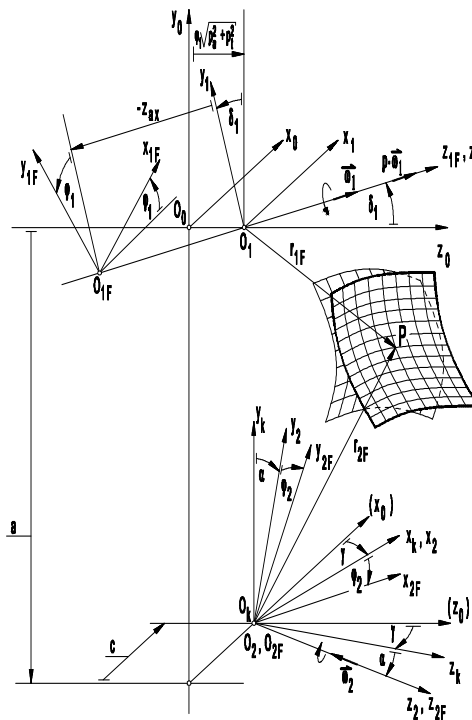
## I.3. Az általános matematikai modell a hengeres és kúpos felületek ill. csavarfelületek elemzésére

A hengeres csavarfelületek és szerszámaik, valamint kúpos csavarfelületek és szerszámaik kapcsolódásának vizsgálatára megalkotott modelleket egyesítve egy összevont általános kinematikai modellt (3. ábra) kapunk, amely alkalmas az említettek egy matematikai modellben való kezelésére (HeliMAT).

Állítsuk elő a forgó koordináta-rendszerek közötti közvetlen transzformációs mátrixokat!

$$\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F} = \underline{\mathbf{M}}_{2F,2} \underline{\mathbf{M}}_{2,K} \underline{\mathbf{M}}_{K,0} \underline{\mathbf{M}}_{0,1} \underline{\mathbf{M}}_{1,1F}, \text{ illetve} \quad (3)$$

$$\underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,1} \underline{\mathbf{M}}_{1,0} \underline{\mathbf{M}}_{0,K} \underline{\mathbf{M}}_{K,2} \underline{\mathbf{M}}_{2,2F}. \quad (4)$$



3. ábra

*Koordináta-rendszerek kapcsolata hengeres, kúpos csavarfelületek gyártáselméletének általános vizsgálatánál (a tengelytáv  $a = \text{const}$ , vagy  $a = a_0 + p \cdot f_i$ )*

- $pa$  a csavarfelület axiális irányú emelkedési paramétere;
- $pr$  a csavarfelület radiális irányú emelkedési paramétere.

A **direkt feladat** megoldása (a munkadarab felülete ismert), amikor  $\vec{r}_{1F}$  ismeretében keressük a 2 felületet, ill. az érintkezési vonal pontjait. Ezek szerint a továbbiakban meghatározhatjuk a csak a kinematikai viszonyoktól függő:

$$\frac{d\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F}}{dt} \text{ és} \quad (5)$$

$$\underline{\mathbf{P}}_{1a} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} \cdot \frac{d\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F}}{dt} \quad (6)$$

mátrixokat. A műveletek elvégzése után kapjuk a  $\underline{\mathbf{P}}_{1a}$  – az általános modell kinematikai leképezésének mátrixát.

Az egyenletet valamelyik belső paraméterre (pl.  $\eta$ ) megoldva,

$$\vec{r}_{1F} = \vec{r}_{1F}(\eta, \mathcal{G}) \quad (7)$$

felhasználásával kapjuk a felületek közötti érintkezési görbe egyenletét:

$$\vec{r}_{1F} = \vec{r}_{1F}[\eta(\mathcal{G}), \mathcal{G}] = \vec{r}_{1F}(\mathcal{G}) \quad (8)$$

alakban, melyet az

$$\vec{r}_{2F}(\mathcal{G}) = \underline{\mathbf{M}}_{2F,1F} \cdot \vec{r}_{1F}(\mathcal{G}) \quad (9)$$

transzformációval a szerszám generálórendszerében is felírhatunk, megkapva így a generált **szerszámfelület generálógörbáját**. Az összefüggésben az  $\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F}$  és az  $\underline{\mathbf{M}}_{1F,2F}$  a  $K_{1F}$  és  $K_{2F}$  koordináta-rendszerek közötti transzformációs mátrixok.

**Az inverz feladat** megoldása során, amikor  $\vec{r}_{2F}$  adott a  $K_{2F}$  koordináta-rendszerben, azaz a megmunkálószerszám felülete ismert, a direkt feladatnál megismert elvet alkalmazhatjuk, csupán a transzformációk iránya változik meg.

Adott a megmunkálószerszám felületének kétparaméteres egyenlete:

$$\vec{r}_{2F} = \vec{r}_{2F}(y_{20}, \Psi). \quad (10)$$

Az  $I$  felület a burkolófelületek elmélete szerint az  $\vec{r}_{2F}$  által a mozgás során előállított felületsereg mozgásparaméter szerinti differenciálásával nyerhető, míg az érintkezési görbe az

$$\vec{n}_{2F} \cdot \vec{v}_{2F}^{21} = 0 \quad \text{és} \quad \vec{r}_{1F} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} \cdot \vec{r}_{2F} \quad (11)$$

együttes megoldásával állítható elő a  $K_{1F}$  koordináta-rendszerben, ahol

$$\vec{n}_{2F} = \frac{\partial \vec{r}_{2F}}{\partial y_{20}} \cdot \frac{\partial \vec{r}_{2F}}{\partial \Psi}; \quad \vec{v}_{2F}^{(21)} = \underline{\mathbf{P}}_{2a} \cdot \vec{r}_{2F}. \quad (12)$$

Határozzuk meg az inverz feladat konkrét megoldásához is a  $P_{2a}$  mátrixot:

$$\underline{\mathbf{P}}_{2a} = \underline{\mathbf{M}}_{2F,1F} \cdot \frac{d\underline{\mathbf{M}}_{1F,2F}}{dt}. \quad (13)$$

Ezzel:

$$\vec{n}_{2F} \cdot \vec{v}_{2F} = 0 \quad \text{és} \quad (14)$$

$$\vec{r}_{1F} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} \cdot \vec{r}_{2F} \quad (15)$$

együttes megoldásával a karakterisztika, majd ennek ismeretében a keresett csavarfelület egyenlete előállíthat.

A direkt és indirekt esetben megkapott  $\vec{r}_{2F}$ , illetve  $\vec{r}_{1F}$  felületek előállítása korszerű CNC-gépen, vagy hagyományos gép megfelelő kiegészítésével megoldható.

A modell segítségével módunkban áll meghatározni az érintkezési vonalat mind megadott  $\vec{r}_{1F}$  ( $I$  munkadarab) felületből kiindulva (direkt feladat), mind megadott  $\vec{r}_{2F}$  ( $2$  szerszám felület ismeretében (inverz feladat). A meghatározott érintkezési vonalat pedig vezérgörbéként felhasználva a (9) szerint határozhatjuk meg az általa leírt  $2$  szerszámfelületet, valamint a (14, 15) összefüggés felhasználásával az  $I$  munkadarab-felületet.

Az  $I$  munkadarab-felület hengeres vagy kúpos csavarvonal hordozójú tetszőleges generálógörbájű (metszelvényű) felület lehet.

A  $2$  szerszámfelület céljára elsősorban forgásfelületet előnyös megadni, de elképzelhető más, pl.  $\varphi_2 =$  állandó értékkel megadott határozott élgeometriájú egyélű szerszám is. A gyakrabban alkalmazott munkadarab- és szerszámfelület típusait az 5. ábrán látható táblázatban adjuk meg, jelezve az egyes esetekben 0 értéket felvevő kinematikai paramétereket is.

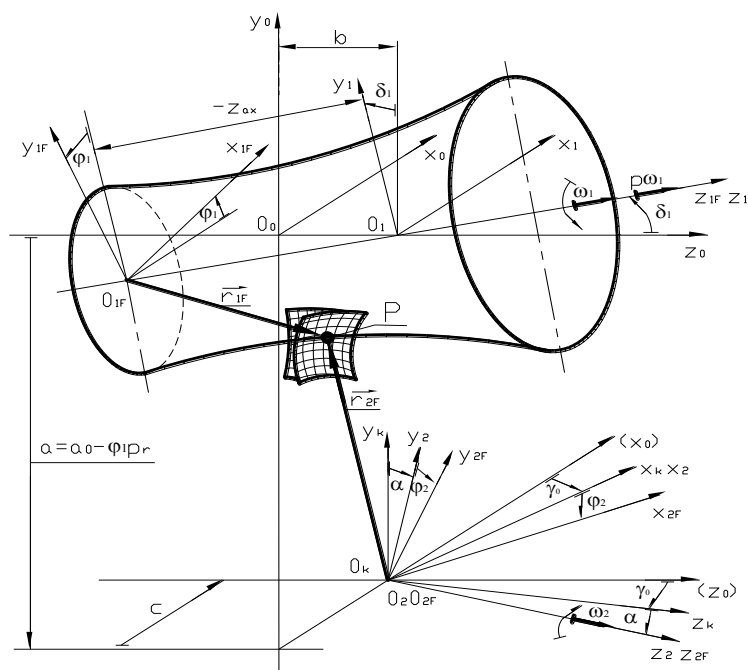
Az általános kúpos csavarfelület és az általános matematikai-kinematikai modell együttes felhasználásával kapott összefüggések megfelelő paraméterezésével – a konkrét geometriai adatok: az egyenes alkotó

helyzete, menetemelkedés paramétere stb. – kapott egyenletből közvetlenül kapjuk a korongprofil pontjait. Hasonlóan rendelkezésre áll a paraméterezzhető korongprofil függvény a többi menettípus esetére. Ezekből eltérő esetekben is mód van az általános  $\underline{P}_{1a}$  kinematikai viszonyokat leíró mátrix megfelelő paraméterezésével és a csavarfelület egyenletének megadásával a korongprofil rövid úton való előállítására pl. csavarkompresszor elemeinek megmunkálása, spirálhornyú fúrók, marók, menetfúrók, golyósorsók, vezérorsók stb.

## II. ÁLTALÁNOS MATEMATIKAI MODELL A GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK MATEMATIKAI MODELLEZÉSÉRE

A csavarfelületekre kifejlesztett modellben a tengelytáv változással [2] és a  $b$  tetszőleges megválasztásával lehetővé vált, hogy általános gépgyártástechnológiai eljárások megoldására és különböző fogazott hajtópárok modellezésére alkalmazzuk a modellt ( pl. 6. ábra táblázata).

A 4. ábrán b az  $K_1$  álló és a  $K_0$  koordináta rendszerek távolságát jelöli.



4. ábra

Általános matematikai modell (ProMAT)

### ÖSSZEFOGLALÁS

Sikerült egy olyan matematikai modellt kialakítani (ProMAT), amelyben minden felület kapcsolódását, gyártásgeometriáját egy közös rendszerbe összefoglalva tárgyaljuk, hogy a korszerű gyártórendszerekben előállíthatóak legyenek (CAD, CAM, CAQ, CIM). Természetesen ezen rendszerben a hajtópárok is elemezhetőek a  $\gamma$  szög változtatásával.

A matematikai modelltől a megfelelő paraméterek megválasztásával bármelyik gyártástechnológiai eljárás matematikai modellje származtatható [11, 12, 20]. A lényegesebbeket és gyakoriabbakat meg is mutatuk. Az ettől eltérő esetekre a bemutatott módszerrel tetszőleges újabb megmunkálás is értelmezhető.

A témavezetésemmel készült disszertációk, melyek kötődnek a csigahajtások témához:

- kúpos csavarfelület megmunkálása változó tengelytáv és korongbedöntési szög korrekció alkalmazásával [5];
- az érintkezési vonalak elhelyezkedésére ható geometriai paraméterek vizsgálata [1];
- kúpos, hengeres és parabolikus csigahajtás köszörülésének modellje [2];
- kapcsolódó felületpárok gyártásgeometriai feladatainak megoldása az elért modell alapján [13];
- lefejtőszerszámok gyártásgeometriája [7].

Jelenlegi a témához kötődő doktoranduszaim: Bányai Károly, Mándy Zoltán, Monostoriné Hörcsik Renáta.

A Miskolcon lévő „csigaiskola” és az Erdélyben lévő „fogazóiskola” [6, 15, 16, 19, 21, 22, 23] között évtizedek óta kitűnő kapcsolat van.

Mozgásgeometriai jellemző			$a$	$c$	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	$P_a$	$P_r$
Szerszám típusa 2	Munkadarab típusa 1								
Tárcsa alakú maró, illetve korong	Hengeres csiga	ZA	>0	0	0	≠0	0	≠0	0
		ZI*	>0	0	0	≠0	0	≠0	0
		ZI**	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0
		ZN	>0	0	0	≠0	0	≠0	0
		ZT	>0	0	0	≠0	0	≠0	0
		ZK	0	0	0	≠0	0	≠0	0
	Kúpos csiga	KA	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0
		KI*	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0
		KI**	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0
		KN	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0
		KT	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0
	KK	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0	
	Axiális hátfelület		>0	0	0	≠0	0	≠0	0
	Radiális és diagonális hátfelület		>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0
Csapos korong, illetve ujjmaró	Hengeres csiga	ZA	>0	0	-90°	0	0	≠0	0
		ZI*	>0	0	-90°	0	0	≠0	0
		ZI**	-	-	-	-	-	-	-
		ZN	>0	0	-90°	0	0	≠0	0
		ZT	>0	0	-90°	0	0	≠0	0
		ZK	>0	0	-90°	0	0	≠0	0
	Kúpos csiga	KA	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0
		KI*	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0
		KI**	-	-	-	-	-	-	-
		KN	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0
		KT	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0
	KK	>0	0	-90°	0	0	≠0	0	
	Axiális hátfelület		0	0	-90°	0	0	≠0	0
	Radiális és diagonális hátfelület		0	0	-90°	0	>0	≠0	>0
Fazékkorong, illetve késes fej	Hengeres csiga	ZA	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	0
		ZI*	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0
		ZI**	-	-	-	-	-	-	-
		ZN	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0
		ZT	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0
		ZK	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0
	Kúpos csiga	KA	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0
		KI*	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0
		KI**	-	-	-	-	-	-	-
		KN	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0
		KT	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0
	KK	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0	
	Axiális hátfelület		>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0
	Radiális és diagonális hátfelület		>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0

\* Kúpos koronggal,

\*\* Kiemelt (c) síkfelületű koronggal való megmunkálás

### 5. ábra

A leggyakoribb munkadarab- és szerszámfelület-típusok az általános modell paraméterezésév

Gyártási eljárás neve	$\varphi_1$	$\varphi_2$	<b>a</b>	<b>c</b>	$\gamma_0$	$\alpha$	$\delta_1$	$p_a$	$p_r$	<b>b</b>	$z_{ax}$
Gyalulás	0	0	>0	0	0	0	0	0	0	változó	0
Külső hengeres felület esztergálás	>0	0	0>	0	0	0	0	>0	0	változó	0
Külső kúp felület esztergálás (csúcselállítás nélkül)	>0	0	0> változó	0	0	0	0	>0	>0	változó	0
Külső kúp felület esztergálás (csúcselállítással)	>0	0	0>	0	>0	0	0	>0	>0	változó $b = \varphi_1 \cdot \sqrt{p_a^2 + p_r^2}$	0
Külső hengeres felület köszörülés	>0	>0	0>	0	>0	0	0	>0	0	változó	0
Külső kúp felület köszörülés (csúcselállítás nélkül)	>0	>0	0> változó	0	>0	0	0	>0	>0	változó $b = \varphi_1 \cdot \sqrt{p_a^2 + p_r^2}$	0
Külső kúp felület köszörülés (csúcselállítással)	>0	>0	0>	0	>0	0	>0	>0	>0	változó $b = \varphi_1 \cdot \sqrt{p_a^2 + p_r^2}$	0
Fúrás, furatbővítés	0	0	>0 változó	0	>0	0	0	0	0	0	0
Reteszhorony marás hosszlyukmaróval	0	0	>0 változó	0	>0	0	0	0	0	változó	0
Reteszhorony marás újmaróval	0	0	>0 változó	0	>0	0	0	0	0	változó	0
Reteszhorony marás tárcsamaróval vagy martfogú reteszhorony maróval	0	0	>0	0	0	>0	0	0	0	változó	0
Ellenirányú marás	0	0	>0	0	0	>0	0	0	0	változó	0
Egyenirányú marás	0	0	>0	0	0	0>	0	0	0	változó	0
Rotációs marás	>0	>0	0>	0	>0	0	0	>0	0	változó	0
Pfauter fogazás	>0	0	>0	0	0	>0	0	>0	0	0	0
Maag – fogvésés	0	0	0> vagy >0 változó	0	>0	0	0	0	0	változó	0
Fellows – metszőkereskes fogvésés	>0	>0	>0	0	0	0	0	0	0	változó	0
Vésés	0	0	0> vagy >0 változó	0	>0	0	0	0	0	0	0
Bolygó köszörülés	>0	>0	0> vagy >0 változó	0	0	0	0	0	0	0	0
Üregelés	0	0	0> vagy >0 változó	0	0	0	0	0	0	0	0
Félkúpos hajtás	>0	>0	>0	0>	0	0	>0	>0	0	0	0

6. ábra

*A leggyakoribb gépgyártástechnológiai eljárások megoldása az általános modellben*

### DIFICAD MÉRNÖKIRODA KFT.

Az általunk kifejlesztett tengelymetszetben körív profilú kúpos csigahajtópár és lefejtőmaró [10] gyártástechnológiájának kifejlesztése és tényleges gyártása a **DifiCAD Mérnökiroda Kft.**-nél (Miskolc, Szentpéteri Kapu 5-7., Üv.: **Dr. Dudás Illés.**) történt (7. ábra).





7. ábra

A képen a csigatengely köszörülése (a) és a maró hátraköszörülése (b) látható  
(DifiCAD Mérnökiroda Kft.)

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **BALAJTI ZS.:** *Kinematikai hajtópárok gyártásgeometriájának fejlesztése*, Ph.D. értekezés, Miskolc, Miskolci Egyetem, 2007.
- [2] **BÁNYAI, K., DUDÁS, I.:** *Analysis of the spiroid driving having new production geometry*, Production Process and Systems, A publication of the University of Miskolc, Miskolc, volume 1 (2002), pp. 177-184.
- [3] **BÁNYAI, K.:** *Hengeres csigák gyártásgeometriája és ellenőrzése*, Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1977.
- [4] **BERCSEY, T.:** *Toroid hajtások elmélete*. Kandidátusi értekezés, Budapest, 1977.
- [5] **BODZÁS, S.:** *Kúpos csiga-, tányérkerék- és szerszám felületek kapcsolódásának elemzése*, Ph.D. értekezés, Miskolci Egyetem, 2014., p. 154., Doktori témavezető: Prof. Dr. Dudás Illés, DOI 10.14750/ME.2014.006
- [6] **CSIBI, V. I.:** *Contribution to Numerical Generation of Helical Gearing with any Profils* (in Romanian), Ph.D. dissertation, Technical University of Cluj-Napoca, 1990.
- [7] **CSÓKA, L.:** *Csigakerék lefejtőszerszámok gyártásgeometriája*, Egyetemi doktori értekezés, ME, 1990,
- [8] **DUDÁS, I.:** *The Theory & Practice of Worm Gear Drives*. Kogan Page US, Sterling, USA, 2004. ISBN 1 9039 9661 9.
- [9] **DUDÁS, I.:** „*Csavarfelületek gyártásának elmélete*”. Akadémiai doktori disszertáció, Miskolc, 1991.
- [10] **DUDÁS, I., BODZÁS, S., DUDÁS, I. SZ., MÁNDY, Z.:** *Konkáv menetprofilú spiroid csigahajtópár és eljárás annak köszörüléssel történő előállítására*, Szabadalmi bejelentés napja: 2012.07.04., Szabadalmi lajstromszám: 229 818

- [11] **DUDÁS, I., BODZÁS, S., MÁNDY, Z.:** *Solving the pitch fluctuation problem during the manufacturing process of conical thread surfaces with lathe center displacement*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 69:(5-8) pp. 1025-1031. (2013)
- [12] **DUDÁS I, MONOSTORI R.:** *Analisis of big joint implant*, 11th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments, ISMTII 2013. Aachen, 2013.07.01-2013.07.05. Aachen: RWTH, 2013. Paper 21. (ISBN:978-3-86359-138-0)
- [13] **DUDÁS, L.:** *Kapcsolódó felületepárok gyártásgeometriai feladatainak megoldása az elérés modell alapján*, Kandidátusi értekezés, Budapest, TMB, 1991., p.144., 2005. 06. 29.
- [14] **HEGYHÁTI, J.:** *Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben*. Diss. A. TU. Dresden, 1988. p. 121.
- [15] **HOLLANDA, D.:** *Bazele aschieri si generali supracetelol*. Vol. II., Universitatea „Petru Maior” Tirgu Mures, 1996.
- [16] **HOLLANDA, D., MÁTÉ, M.:** *Evolvenskereket lefejtő csigamaró származtató felületei*. Országos Gépész Találkozó, Marosvásárhely, 2006. Konferenciakötet, 164-169 old. ISBN (10) 973-7840-10-0
- [17] **LÉVAI I.:** *Fogazatok kapcsolódásának kinematikai elmélete és alkalmazása hipoid-hajtások tervezésére*, Akadémiai doktori értekezés, Miskolc, 1980. 1/153.
- [18] **LITVIN, F. L., FUENTES, A.:** *Gear Geometry and Applied Theory*, Cambridge University Press, 2004., ISBN 978 0 521 81517 8
- [19] **MAROS D., KILLMANN V., ROHONYI V.:** *Csigahajtások*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
- [20] **MOLNÁR J.:** *A megmunkáló rendszer elmozdulékonyságából származó megmunkálási hiba meghatározásának kísérleti-analitikai módszere*, Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1969. p.67.
- [21] **PÁLFFY K., PREZENSZKY T., CSIBI V., ANTAL B., GYENGE CS., BALOGH F.:** *Fogazott alkatrészek tervezése, szerszámai és gyártása*, Glória Kiadó, Kolozsvár, 1999.
- [22] **PAY, E.:** *Reductor melcat cu melc interior*, (Belső csigás hajtómű), Brevet de inventie nr. 90521, 1986., Bucuresti, Romania
- [23] **PAY G.:** *Belső csigás hajtások*, Ph.D disszertáció, Miskolc, 2001.