

CSAVARFELÜLETEK MÉRÉSTECHNIKAI ELEMZÉSE

ANALYSIS OF MEASURING TECHNIQUE OF THREAD SURFACES

Bodzás Sándor*, Dr. Dudás Illés**

ABSTRACT

Distortion and shape deviations of helicoid surfaces during machining can occur owing to wear and re-sharpening of the tool employed, together with limited accuracy in the setting of the tool. The geometrical checking methods used for helicoidal surfaces have changed during the years; they have been updated and are now becoming more accurate. The 3 coordination measuring technique is a new and very accurate checking method which may be used in serial production.

1. BEVEZETŐ

A csavarfelületek gyártása során a szerszámok kopása, újraélezése, a gépbeállítások korlátozott pontossága stb. a felületek torzulását, alakhibáját okozhatják. A csavarfelületek geometriai ellenőrzésének módszerei az idők folyamán sokat változtak, korszerűsödtek, egyre tökéletesedve fejlődnek napjainkban is.

A hagyományos geometriai ellenőrzési módszerek alapvető problémája, hogy a csavarfelületeket kétdimenziós, síkbeli alakzatként értékelik és a különböző irányú méretek hibáinak síkbeli hatásait is csak, mint kumulatív hatást veszik figyelembe (pl. osztás tengelymetszetben, profilhiba tengely- vagy a nevezetes metszetben stb.). Ezért is célszerű a csavarfelületek – mint három dimenziós alakzatok – helyes geometriai ellenőrzési módszerének elméleti megalapozása, gyakorlati kivitelének kimunkálása, alkalmazása [5]. Ennek az igénynek kialakulásával esett egybe a számítástechnikának a mérés technikába történő bevonása is, amely létrehozta a koordináta-mérőgépek számítógéppel történő összekapcsolását, így a három koordinátás mérőgépek különböző automatizáltsági szintű típusait is.

A Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszékének laboratóriumában található DEA típusú 3D-s mérőgéppel kifejlesztettünk egy új mérési eljárást, azaz a csavarfelület körasztal nélküli mérését kúpos csiga-tengely esetére.

Ezen eljárással lehetőség nyílik a csavarfelületek előállítás során keletkezett hibák felderítésére (pl.: osztás tengelymetszetben, profilhiba tengely- vagy a nevezetes metszetben stb.) és ezek nagyságának kimutatására.

2. A KOORDINÁTA MÉRŐGÉPRŐL

A koordináta mérőgéppel (1. ábra) a munkadarab felületi pontjai tapinthatók le legtöbbször egyetlen gömbbel a térben rögzített, a mérőgép vezetékei által definiált gépi koordináta - rendszerből kiindulva [3].

Az elmozdulási utakat digitális mérőrendszerrel mérjük. Vagyis a tapintó elem helyzetét a koordináta tengelyek mentén hossz mérő rendszer regisztrálja és ezekből a mérési eredményekből a mindenkori munkadarab felületei számítással határozhatók meg.

A koordináta mérés technika a munkadarabokat 2D és 3D-s felületelemek halmazának tekinti és ezeket az elemeket $i=1,2, \dots, n$ mérési pontokkal helyettesíti a térben [1, 2, 8].

Az analitikus geometria és a numerikus analízis módszerével a mérési pontokra kiegyenlítő görbéket, felületeket fektet a program és ezek paramétereit egymástól való távolságukat, egymáshoz viszonyított helyzetüket, stb. határozzuk meg. Ez az alapelv szinte tetszőleges alakú munkadarab mérését teszi lehetővé [4, 6].



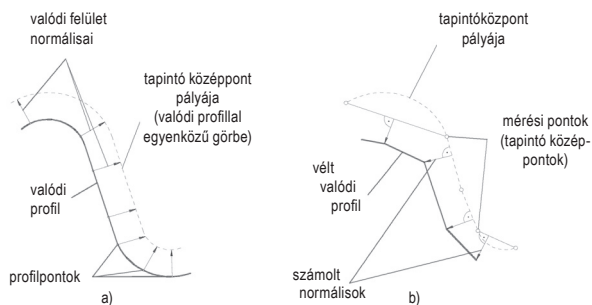
1. ábra – DEA típusú 3 koordinátás mérőgép

A munkadarab helyzetét felületi pontjainak letapogatásával határozzuk meg. Ez esetben a legelterjedtebb

*PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, Miskolc, Egyetemváros 3515, sandor.bodzas@uni-miskolc.hu

**témavezető, egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, Miskolc, Egyetemváros 3515, illes.dudas@uni-miskolc.hu

eljárás a mérendő felület meghatározására az ún. Scanning-technika. Ennek lényege, hogy a mérőfej mozgása csak két koordináta irányában vezérelt, a harmadik koordináta irányában automatikusan beáll a tapintó úgy, hogy követi a felület formáját. A gömbtapintó középpontjának koordinátáit meghatározott osztásonként rögzíti a gép. A gömbtapintó középpontja által leírt felületből a tényleges felület meghatározása csak közelítő jelleggel lehetséges.



2. ábra – Tényleges érintési pont meghatározása [5]

A tényleges felületi pontok közelítő meghatározása a következő:

- a tapintógömb által meghatározott ponthalmazra kiegyenlítő görbéket, illetve kiegyenlítő felületet határozunk meg,
- ezután a kiegyenlítő felület normálvektorai mentén, a felülettől r tapintósugár – távolságra meghatározhatók a tényleges felület pontjai.

Az eljárás közelítő jellege egyrészt a kiegyenlítő felület közelítő jellegéből, másrészt abból fakad, hogy a tényleges érintési pontot ezen felület normálvektorán határozzák meg (2.b ábra), pedig a valódi felület normálvektorán helyezkedik el a tapintógömb középpontja (2.a ábra) [5].

A mérőgép az üzemben a gyártórendszerbe integrálódva rugalmas mérőközpontként működhet.

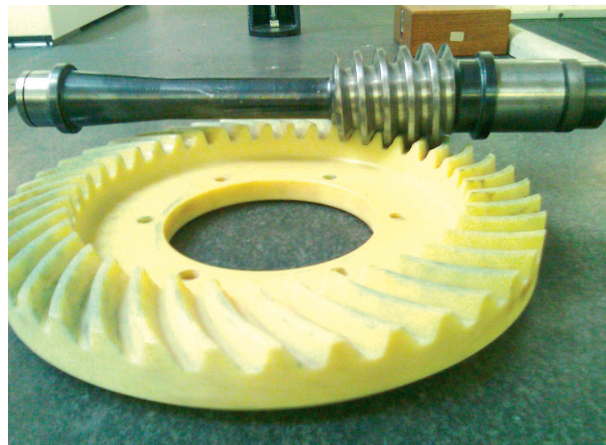
3. KÚPOS CSAVARFELÜLETEK

A műszaki gyakorlatban a sokoldalúan felhasználható kúpos csavarfelületeket legtöbbször kúpos csiga működő felületeként alkalmazzák. A kúpos csiga – tányérkerék párosítású spiroid hajtópár például a robotok, szerszámgépek hézagatlanított hajtásaként előnyösen alkalmazható [4, 7].

A hézagmentes hajtás a csigának egyszerű axiális irányú eltolása (beállítása) révén biztosítható. A spiroid hajtópár (3. ábra) kúpos csigájának fogfelületét hasonló módon lehet származtatni, mint a hengeres csigáét, de a szerszám axiális elmozdulásával egy időben – a csiga kúposágától függő – tangenciális eltolását is biztosítani kell. A vonalfelületű hengeres csigához hasonlóan a spiroid csiga felülete esetén is értelmezhetők a különböző - evolvens, archimedesi és konvolut – csavarfelületek.

A tányérkerék fogazatát a kúpos csiga csavarfelületével azonos burkolófelületű csigamaróval alakítják ki. Ezt közvetlen mozgásleképezésnek nevezzük [4].

Ezekkel a kedvező hidrodinamikai viszonyokkal rendelkező, korszerű, nagy teherbírási és jó hatásfokú hajtópárokkal a hajtóművekben fellépő energiavesztést jelentősen lehet csökkenteni. A teljesítményvesztés szempontjából nem közömbös ugyanis, hogy a lehetséges fogazatgeometriai jellemzők közül azok kerüljenek alkalmazásra, melyek kedvező kapcsolódási viszonyokat eredményeznek.



3. ábra – Kúpos csigahajtás

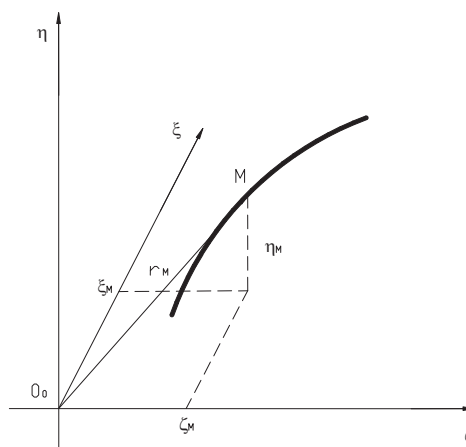
4. KÚPOS CSAVARFELÜLET MÉRÉSTECHNIKÁJÁNAK MATEMATIKAI ISMERTETÉSE

Adott az r_g vezérgörbe a $K_0(\xi, \eta, \zeta)$ szerszámhoz kötött koordináta rendszerben és egyenlete az η koordináta függvényében (4. ábra). Azaz:

$$\vec{r}_g = \vec{r}_g(\eta) \quad (1)$$

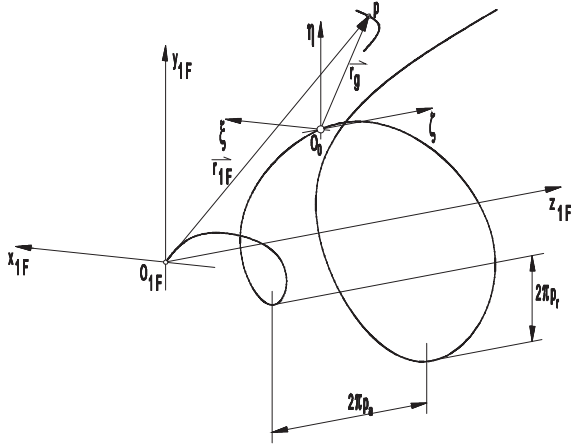
Mivel az η koordinátát tekintjük független változónak, ezért a vezérgörbe egyenlete:

$$\vec{r}_g = \xi(\eta) \cdot \vec{i} + \eta \cdot \vec{j} + \zeta(\eta) \cdot \vec{k} \quad (2)$$



4. ábra – Vezérgörbe a szerszám koordináta rendszerben

Az r_g vezérgörbét hordozó K_0 (ξ, η, ζ) koordináta rendszerrel a z_{1F} tengely mentén p_a axiális paraméterű és az y_{1F} tengely mentén p_r radiális paraméterű csavarmozgást közölve a vezérgörbe egy kúpos csavarfelületet sűröl a K_{1F} (x_{1F}, y_{1F}, z_{1F}) koordináta rendszerben, amely önálló helyzetű és a csavarmozgás közlése előtt egybeesik a K_0 koordináta rendszerrel (5. ábra).



5. ábra

Vezérgörbe által sűrölt kúpos csavarfelület [4]

Az r_g görbe által sűrölt csavarfelület a K_{1F} (x_{1F}, y_{1F}, z_{1F}) koordináta rendszerben:

$$\vec{r}_{1F} = M_{1F,0} \cdot \vec{r}_g \quad (3)$$

ahol:

\vec{r}_{1F} - a csavarfelület futópontjának helyvektora,

$M_{1F,0}$ - a K_0 és K_{1F} koordináta rendszerek közötti transzformációs mátrix.

$$M_{1F,0} = \begin{bmatrix} \cos \vartheta - \sin \vartheta 0 & 0 \\ \sin \vartheta \cos \vartheta 0 & p_r \cdot \vartheta \\ 0 & 0 & 1 & p_a \cdot \vartheta \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

A (3) koordináta transzformációs művelet elvégzésével kapjuk a kúpos csavarfelület egyenletrendszerét:

$$\vec{r}_{1F} = M_{1F,0} \cdot \vec{r}_g = \begin{bmatrix} \cos \vartheta - \sin \vartheta 0 & 0 \\ \sin \vartheta \cos \vartheta 0 & p_r \cdot \vartheta \\ 0 & 0 & 1 & p_a \cdot \vartheta \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \xi(\eta) \\ \eta \\ \zeta(\eta) \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \xi(\eta) \cdot \cos \vartheta - \eta \cdot \sin \vartheta \\ \xi(\eta) \cdot \sin \vartheta + \cos \vartheta \cdot \eta + p_r \cdot \vartheta \\ \zeta(\eta) + p_a \cdot \vartheta \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

A kúpos csavarfelület egyenletrendszere a K_{1F} (x_{1F}, y_{1F}, z_{1F}) álló koordináta rendszerben:

$$\begin{aligned} x_{1F} &= \xi(\eta) \cdot \cos \vartheta - \eta \cdot \sin \vartheta \\ y_{1F} &= \xi(\eta) \cdot \sin \vartheta + \eta \cdot \cos \vartheta + p_r \cdot \vartheta \\ z_{1F} &= \zeta(\eta) + p_a \cdot \vartheta \end{aligned} \quad (6)$$

A kúpos csavarfelület az η és ϑ paraméterek függvénye:

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

Ismert tény, hogy egy gömb és egy tetszőleges felület érintkezése esetén a felületnek az érintési pontban vett normálvektora átmegy a gömb középpontján.

Ezt a törvényszerűséget használjuk fel az elméleti csavarfelület és a valódi csavarfelület érintési pontjának meghatározására.

Ehhez ismernünk kell az elméleti csavarfelület normálvektorát:

$$\vec{n} = \frac{\partial \vec{r}_{1F}}{\partial \eta} \times \frac{\partial \vec{r}_{1F}}{\partial \vartheta} = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial x_{1F}}{\partial \eta} & \frac{\partial y_{1F}}{\partial \eta} & \frac{\partial z_{1F}}{\partial \eta} \\ \frac{\partial x_{1F}}{\partial \vartheta} & \frac{\partial y_{1F}}{\partial \vartheta} & \frac{\partial z_{1F}}{\partial \vartheta} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Kifejtve a determinánst felírható az \vec{n} vektor az $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ egységvektorok segítségével:

$$\vec{n} = \left(\frac{\partial y_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial z_{1F}}{\partial \vartheta} - \frac{\partial z_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial y_{1F}}{\partial \vartheta} \right) \cdot \vec{i} - \left(\frac{\partial x_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial z_{1F}}{\partial \vartheta} - \frac{\partial z_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial x_{1F}}{\partial \vartheta} \right) \cdot \vec{j} + \left(\frac{\partial x_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial y_{1F}}{\partial \vartheta} - \frac{\partial y_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial x_{1F}}{\partial \vartheta} \right) \cdot \vec{k} \quad (9)$$

Ahol:

$$\begin{aligned} n_{1Fx} &= \frac{\partial y_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial z_{1F}}{\partial \vartheta} - \frac{\partial z_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial y_{1F}}{\partial \vartheta} \\ n_{1Fy} &= - \frac{\partial x_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial z_{1F}}{\partial \vartheta} + \frac{\partial z_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial x_{1F}}{\partial \vartheta} \\ n_{1Fz} &= \frac{\partial x_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial y_{1F}}{\partial \vartheta} - \frac{\partial y_{1F}}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial x_{1F}}{\partial \vartheta} \end{aligned} \quad (10)$$

Így a normálvektor:

$$\vec{n} = n_{1Fx} \cdot \vec{i} + n_{1Fy} \cdot \vec{j} + n_{1Fz} \cdot \vec{k} \quad (11)$$

Felhasználva azt a tényt, hogy a normálvektor a gömbtapintó r_t (x_b, y_b, z_b) koordinátaival ismert középpontján átmegy, az elméleti csavarfelület érintési pontja meghatározható.

Ezt az r_t (x_b, y_b, z_b) tapintó középponton átmennő \vec{n} normálvektorú egyenes és az elméleti csavarfelület dőféspontja adja, azaz az alábbi két egyenlet együttes megoldása:

$$\left. \begin{aligned} \vec{n}(\vec{r}_t - \vec{r}_{1F}) &= 0 \\ \vec{r}_{1F} &= \vec{r}_{1F}(\eta, \vartheta) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Ahol:

$$\vec{n}(\vec{r}_i - \vec{r}_{IF}) = \begin{bmatrix} n_{IFx} \\ n_{IFy} \\ n_{IFz} \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \xi(\eta) \cdot \cos\vartheta - \eta \cdot \sin\vartheta \\ \xi(\eta) \cdot \sin\vartheta + \eta \cdot \cos\vartheta + p_r \cdot \vartheta \\ \zeta(\eta) + p_a \cdot \vartheta \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \quad (13)$$

A megoldásként kapott η és ν paramétereket (6)-ba helyettesítve adódnak az elméleti csavarfelület érintési pontjának x_{IF} , y_{IF} , z_{IF} koordinátái.

A tényleges érintési pont a gömbtapintó felületén helyezkedik el, azaz a tapintó középpontjától r távolságra van. Ez a normális irányú távolság a különböző koordináta irányokba rendre Δx , Δy , Δz vetületi távolságot jelent.

A Δx , Δy , Δz értékek az érintési pont elhelyezkedésétől függően más-más értéket vesznek fel:

$$\begin{aligned} \Delta x &= \frac{n_x}{|n|} \cdot r \\ \Delta y &= \frac{n_y}{|n|} \cdot r \\ \Delta z &= \frac{n_z}{|n|} \cdot r \end{aligned} \quad (14)$$

Ezek alapján a tényleges érintési pontok meghatározhatók (HELICAM szoftver segítségével), így számíthatók az eltérések az elméleti pontoktól.

5. A MÉRÉS VÉGREHAJTÁSA

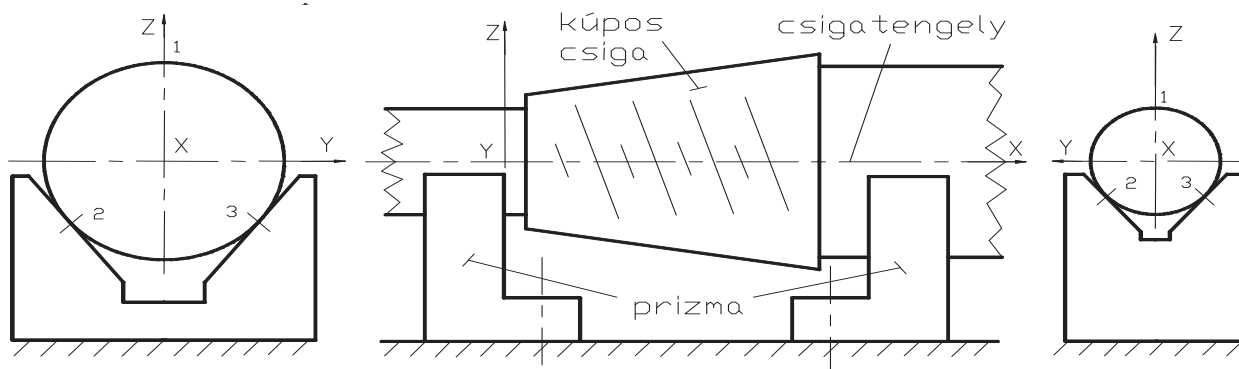
A mérést egy spiroid csigatengelyen végeztük el. A mérési eredmények (kúposság, fogosztás, profilalakhiba) segítségével, illetve az elméleti értékek ismeretében meghatározzuk az eltéréseket és ebből következtünk a csiga minőségére.

5.1. A csiga koordináta rendszerének felvétele

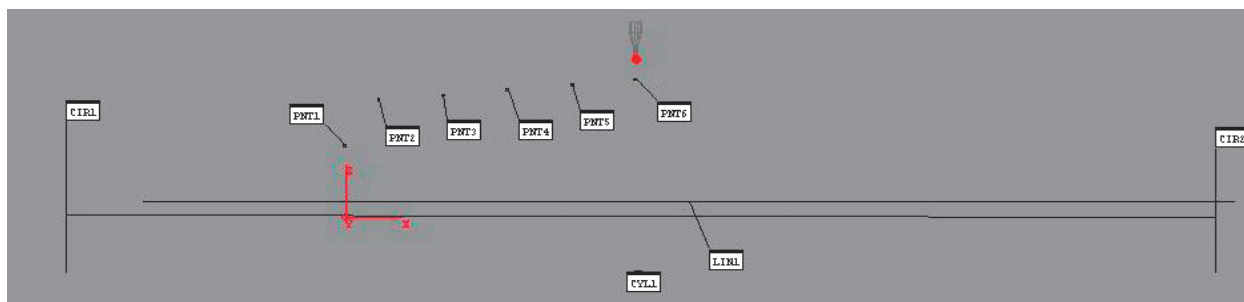
A méréshez a csigatengelyt prizma belfogjuk. A csiga koordináta rendszerének felvételéhez felveszünk 3 pontot a koordináta mérőgép asztalán. A PC-DMIS koordináta mérő szoftver segítségével a 3 pontra egy síkot fektetünk, melyet eltolunk a csiga tengelysíkjaiba. A csiga tengelyvégein felveszünk 3-3 pontot. Ezek a 6. ábrán az 1, 2, 3 pontok. A felvett pontok alapján kört szerkesztünk és a két kör középpontját összekötő egyenes lesz a csigatengely, ami az X tengely. A Z koordináta irányt úgy kapjuk, hogy felveszünk egy tetszőleges pontot a csigán és a tetszőleges pontból az X tengelyre bocsátott merőleges adja a Z irányt. Az Y irány a kapott X és Z koordináta irányokra merőleges irány (6. ábra).

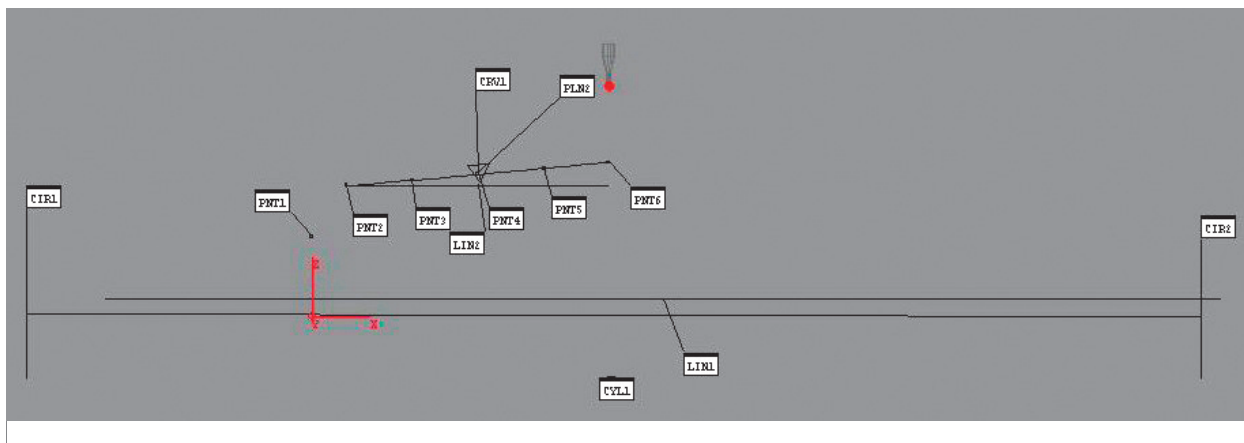
5.2. Kúpszög mérése

Minden egyes fejszalag felületet meg kell érinteni a tapintóval a csigán, úgy, hogy az y értékek rögzítettek. A felvett pontok elméletileg egy egyenesre esnek (7. ábra).



6. ábra – Csigá koordináta rendszerének felvétele

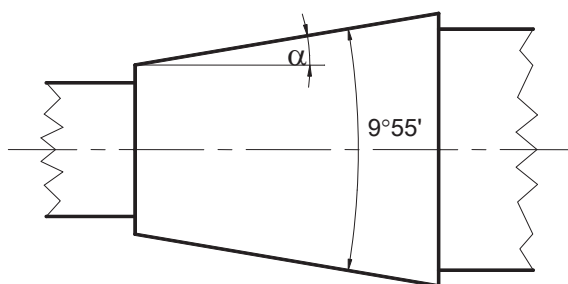




8. ábra – Regressziós egyenes illesztése a mért pontokra

A szoftver segítségével egy regressziós egyenest illesztünk a mért pontokra (PNT2-PNT6) azért, hogy regressziós egyenes és a csigatengely elméleti középvonala által bezárt szöget meghatározzuk (8. ábra). A tényleges szögérték a kapott félnyílásszög (α) kétszerese. A névleges szögértékkel, ami $10^\circ \pm 10'$, összevetve a tényleges szögértéket adódik a hiba nagysága.

Mért kúpszög: $9^\circ 55'$



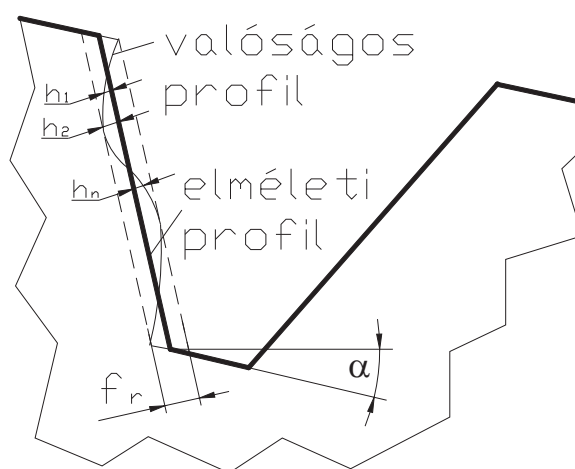
9. ábra – A mért kúpszög és az α felkúpszög

Ezek alapján megállapítható, hogy a mért kúpszög értéke a tűréstartományon belül van. A 7. és a 8. ábrákon a PNT1 pont az a pont, ami a Z tengely felvételéhez szükséges.

5.3. Profilalakhiba mérése

Ismeretes, hogy az ISO 1328 – 1975 szabvány szerint a csiga profilhibája „a valóságos fogprofil adott síkmetsetben a működő profilszakaszon belül szorosan közrefogó két szomszédos névleges profil merőleges távolsága” [7].

Tehát a csigaprofil hibája olyan két elméletileg helyes alakú fogprofil közötti merőleges távolság, amely a csiga valóságos profilját a működő profilszakaszon belül közrefogja (f_r). A vizsgálat elvi alapját a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra – A csigaprofilhiba értelmezése

A profilhiba mérését a csiga főmetszetében a névleges profil síkjában kell elvégezni. Meg kell határozni az elméleti profilnak a valóságos profiltól való eltérését és a különbségüket képezve meghatározható a profilhiba nagysága. Ez különböző h_1, h_2, \dots, h_n eltéréseket jelent. Ezen eltérések átlagolásával meghatározható a közepes eltérés értéke:

$$h_{köz} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \quad (15)$$

ahol:

- $h_{köz}$ – a közepes eltérés nagysága;
- h – az eltérés értéke az adott profilpontban;
- n – a profil diszkrét pontjainak száma.

A profilhiba nagyságát a maximális (pozitív) és minimális (negatív) eltérések abszolút értékeinek összege adja:

$$f_r = \left| \Delta_{h_{max}}^+ \right| + \left| \Delta_{h_{max}}^- \right| \quad (16)$$

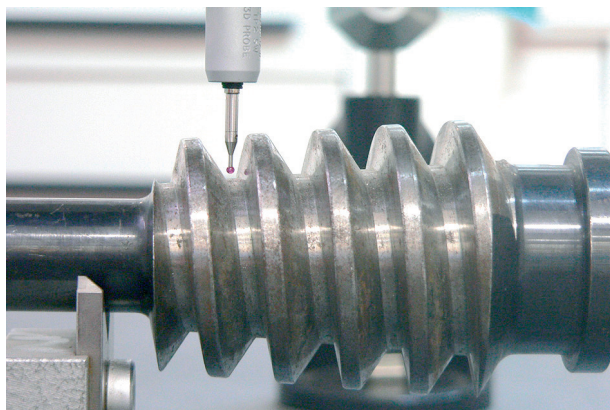
A kapott f_r hibaértéknek kisebbnek kell lennie az f_r profilhiba tűrésénél (MSZ 05.5502-75).

A mérés végrehajtása:

- 1.) Kiválasztjuk a PC-DMIS programban a felületi szkennelés menüpontot.

2.) Megadjuk az alábbi paramétereket:

- a szkennelés kezdőpontját (azaz megadjuk a kezdőpontot tapintással),
- felületi szkennelés irányát (a kezdőpont és egy adott irányban következő pont koordinátáiból képzett irányvektorral, tapintással),
- szkennelés végpontját (azaz az utolsó pontot adjuk meg tapintással) (11., 12. ábra).

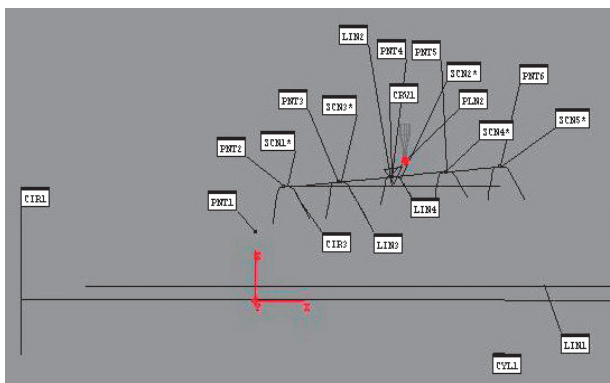


11. ábra – Felületi szkennelés

Elvégeztetjük a mérést, majd az előbbi eljárásához hasonlóan még 4 fogprofilra is elvégeztetjük a szkennelési technológiát. A mért profilokat összevetjük az elméleti profillal.

A PC-DMIS szoftver segítségével kimentettük a kapott pontokat az AutoCAD tervezőszoftver számára kezelhető formátumba, majd a pontok alapján elkészítettük a valós profilokat. Az elméleti profilt is megszerkesztettük az AutoCAD szoftver segítségével és a valós profilokat összehasonlítottuk az elméleti profillal.

Ezek alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált spiroid csiga profiljának eltérése tűréstartományon belül van (IT 6).

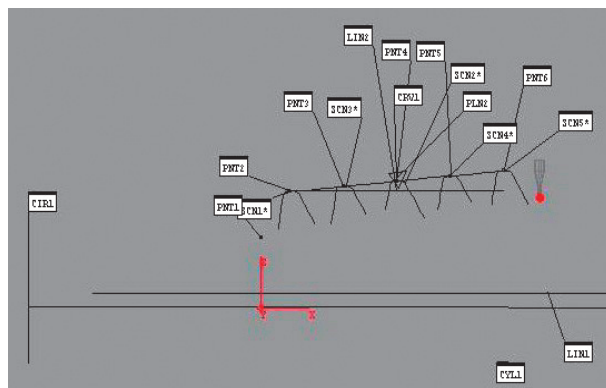


12. ábra – Profilalakhiba mérés

5.4. Fogosztás mérés

A profilalakhiba méréshez hasonló módon elvégezzük a szkennelési technológiát két fogprofilra (13. ábra). Olyan geometria elemet kell illeszteni a profilokra,

amelyek segítségével egyértelműen meg lehet határozni a két profil távolságát. Ez a geometriai elem esetünkben az egyenes. A két egyenes axiális irányú távolságát határozzuk meg. Ez az érték lesz a fogosztás.



13. ábra – Fogosztás mérése

Mért fogosztás: 15,717 mm

Előírt fogosztás: 15,708±0,015 mm

A mért fogosztás értéke a rajzon előírt fogosztás tűréstartományán belül van. Tehát a csiga fogosztása megfelelő.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Kifejlesztettünk egy új mérési eljárást, azaz csavarfelület körasztal nélküli mérését kúpos csigatengelyre. Felírtuk a kúpos csavarfelület egyenletrendszerét mátrix geometriai eljárással, majd az elméleti és a valóságos fogprofilok közötti különbségeket. Elvégeztük a spiroid csigatengely kúposágának, profilalakhibájának és fogosztásának a mérés-technikai elemzését. Ez a mérési eljárás alkalmas a csavarfelület minősítésére. A mérőgép az üzemben a gyártórendszerbe integrálódva rugalmas mérőközpontként is működhet.

6. SUMMARY

We developed out a new measuring method, the measuring of thread surfaces without circle desk for conical worm. We defined the equations of the conical thread surfaces with matrix geometry method after the differences between the theoretical and real cog profiles. We carried out the measuring analysis of conicity, error of the profile shape and cog pitch of the spiroid worm. This measuring method is good for the qualification of thread surface. The measuring machine integrated in production system could work as a flexible measuring centre in the factory too.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a kutatómunka a K 63377. sz. OTKA kutatási project támogatásával készült, melynek címe:

„A gyártásgeometria és kapcsolódás jellemzőinek komplex vizsgálata korszerű csigahajtások esetében”.
(Témavezető: Dr. Dudás Illés)

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] BÁNYAI K.: Hengeres csigák gyártás- geometriája és ellenőrzése Egyetemi doktori disszertáció, kézirat 1987.
- [2] BODZÁS S. – PUDMER S.: Csigá és Csigakerék mérése 3 koordinátás mérőgéppel, TDK dolgozat, Miskolci Egyetem, 2008. 12. 04.
- [3] BODZÁS S.: „OL-3-as lemezolló csigakerék” gyártásának minőségbiztosítása, Diplomamunka, Miskolci Egyetem, 2009, 2009 – GGT39

- [4] DR. DUDÁS I.: The Theory and Practice of Worm Gear Drives. Penton Press, London, 2000. (ISBN 1 8571 8027 5)
- [5] DR. DUDÁS I.: Csigahajtások elmélete és gyártása Budapest, Műszaki könyvkiadó, 2007. (ISBN 978 963 16 6047 0)
- [6] DR. DUDÁS I. – DR. BÁNYAI K. – BAJÁKY, ZS.: Koordináta mérés technika alkalmazása a csavarfelületek minősítésére, VIII. Nemzetközi Szerzőkonferencia Miskolc, 1993.
- [7] HEGYHÁTI, J.: Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben. Diss. A. TU. Dresden, 1988. p. 121.
- [8] HÖRCSIK R.: 3D measurement with two different software, microCAD 2005 Proceedings of International Scientific Conference, Section M1: Production Engineering and Manufacturing Systems, March 10-11. 2005., University of Miskolc, Hungary



2009. június 26. – Évzáró értekezlet



2009. július 5. – EDT



2009. november 23. – Szeminárium



2010. június 7. – Szeminárium



2010. március 12. - Maros Zsolt szigorlat