

NEM SZABÁLYOS CSAVARFELÜLETEK KÖSZÖRÜLÉSI LEHETŐSÉGEI

Dudás László

Egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet, Alkalmazott Informatikai Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: iitdl@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

A cikk áttekintést ad a nem szabályos csavarfelületek elméletileg pontos köszörülésének lehetőségéről. Nem szabályos csavarfelület alatt elsősorban kúpos, globoid és változó emelkedésű csavarfelületeket ért a dolgozat. Ezen csavarfelület-típusok pontos megköszörülése forgásfelületű köszörűkoronggal általában lehetetlen, ezért a cikk új technológiát és ahhoz alkalmazott köszörűgépet is bemutat. A módszer alkalmazhatóságát három esettanulmánnyal igazolja. Az elsőben kúpos csavarfelülettel rendelkező spiroid csiga, a másodikban egy sugárirányban és axiálisan modifikált csiga, a harmadikban pedig egy változó emelkedésű csavarfelülettel rendelkező rotor köszörülését elemzi. A megoldást adó köszörülési módszer teljes hosszban egyszerre, a munkadarab csavarfelületével burkolt felületű köszörűkoronggal dolgozik, melynél 1:1 áttételű kinematikai kapcsolat áll fenn.

Kulcsszavak: köszörülés, nem szabályos csavarfelület, spiroid csiga, globoid csiga, változó emelkedés, burkolás, Surface Constructor

Abstract

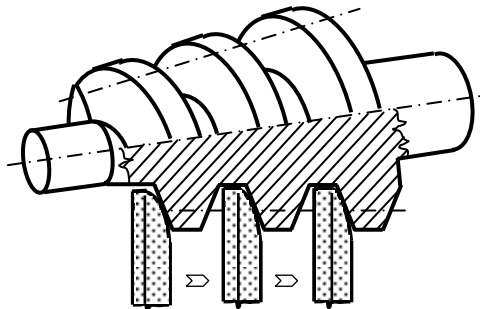
The paper surveys the possibility of grinding non-exact helical surfaces. Mainly conical, globoid and helical surfaces having changing pitch are classified as non-exact helical surfaces in this study. The exact grinding of these types of helicoids with grinding wheels having surface of revolution is generally impossible so the paper introduces a new grinding technology and the suitable grinding machine. The applicability of the method has been proved by three case-studies. In the first a spiroid worm having cone-based surface, in the second a worm modified in radial and axial directions and in the third a rotor having changing pitch were analysed. The proper grinding method works along the full length of the worm in the same time with a grinding wheel having surface enveloped by the work-piece, where the transfer ratio of the kinematics is 1:1.

Keywords: grinding, non-exact helicoids, spiroid worm, globoid worm, changing pitch, enveloping, Surface Constructor.

1. Nem szabályos csavarfelületek köszörülésének problémája

Nem szabályos csavarfelületek alatt a szabályos csavarfelülettől a menetfelület hordozótestének hengerestől való eltérését, pl. kúpos, vagy globoid alak, vagy nem egyenletes tengelymenti menetemelkedéssel rendelkező csavarfelületek esetét értjük elsősorban. Előfordulhat olyan eset is, amikor a hordozótest hengeres, de a menethernyő a hossza mentén változik, pl. a csigaprofil tengelymetszete nem állandó. Mindezek kombinációja is előfor-

dulhat, pl. egy kúpos csiga a menethernyó mentén változó fogprofillal. Ezen felületek köszörülés szempontjából közös problémája, hogy általában nem köszörülhetők meg a menetárókban haladó forgásfelületű köszörűkoronggal a fogoldal tengely mentén változó görbületi viszonyai és az ebből származó eltérő korongprofil igény miatt. A problémát kúpos csiga esetére érzékelteti az 1. ábra.



1. ábra. Menetárokról menetárókra változó köszörűkorong profil

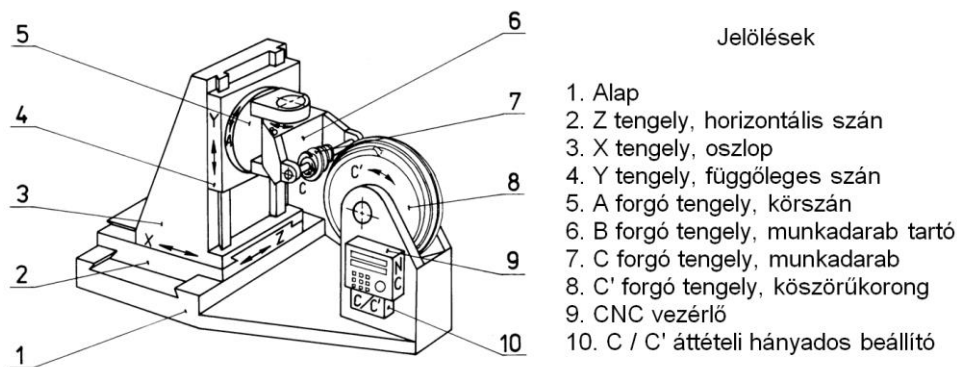
A hagyományos menetkösörülési eljárás alkalmazhatatlanságát már régen felismerték [1]. A forgásfelület alakú koronghoz számított, a menethernyó mentén általában pontról-pontra változó érintkezési görbe változó köszörűkorong profilt is jelent egyben. Mivel a forgásfelületű köszörűkorong a megmunkálás közben nem változtatja az alakját, így alkalmazása pontatlan, ráhagyásmaradvánnyal, ill. elhordással terhelt hibás felületet eredményezne. Egyes kevésbé változó kvázi-helikoid felületek esetén kis átmérőjű csapos koronggal megpróbálható a hiba túrésen belül tartása, de ennek a módszernek az alkalmazhatósága korlátozott, pl. kúpos hátraesztergálással kialakított lefejtőmaró fog-hátfelületek esetén, de a korong kis átmérőjű, ebből eredően gyorsan elhasználódó működő felülete miatt nagyobb termelékenységet igénylő esetekben, pl. spiroid, vagy globoid csigák nagysorozatú gyártásához nem alkalmazható [10].

Spiroid, azaz kúpos hordozójú csigák esetére két módszert is ismertet *Dudás Illés* a geometriai hibák csökkentésére, túrésen belül tartására [2]. Az első javasolt módszer a korongprofil számításához alkalmas optimális helyet határozza meg a menethernyó mentén, kiegyenlítve ezáltal a menethernyó két végén adódó eltéréseket. A módszer kiválóan használható rövidebb menetek, pl. lefejtőmaró fogak hátraesztergált felületeinek köszörülésénél a csaposkorong profiljának számításánál. A második, szabadalmaztatott technológia CNC menetkösörűgépre telepített szintén CNC vezérlésű korongszabályzó berendezést alkalmaz. A két vezérlés össze van hangolva oly módon, hogy a korongszabályzó a csigafelületet köszörülő korongot a megmunkálás közben folyamatosan szabályozva a pillanatnyi köszörülési helyhez szükséges korongprofillal húzza le a működő korongot. Bár a periodikus szabályozás miatt az eljárás nem elvi pontosságú, de a túrésen belüli megmunkálás a gyakorlati esetekben könnyen elérhető. Az eljárás előnyösen alkalmazható kevésbé változó csavarfelületek kis sorozatú gyártásánál, a fellépő korongelhasználódás miatt nagysorozatú gyártáshoz kevésbé előnyös.

Nagyobb korongátmérők alkalmazását lehetővé tevő, nagysorozatú gyártáshoz a szerző által szabadalmaztatott [5] köszörűgép és köszörülési technológia javasolt, melyet a következő fejezet ismertet részletesen.

2. Új köszörűgép konstrukció és köszörülési eljárás

Az előzőekből kiténik, hogy egy adott korongprofillal elkészített forgásfelületű köszörűkorong általában alkalmatlan az egyenletes emelkedésű állandó profilú csavarfelületektől eltérő csavarfelületek megköszörülésére, mivel azok menetről menetre változó korongprofil igényelnek. A [3] irodalom mutat példát olyan érintkezési görbére, mely a mozgásparaméter függvénye. Az ilyen csavarfelületek olyan köszörűkorongot igényelnek, melyek profilja a csavarfelület változását követve a megmunkálás során pillanatról pillanatra más. Egy ilyen köszörűkorong lehet a megmunkálandó csavarfelületről burkolással származtatott forgásfelület hordozójú felület, mely egész értékű áttételi hányados mellett adódik, a csavarfelület konjugáltjaként. Ennek eredményeként a csavarfelület különböző részei a korongfelület különböző részeivel érintkeznek, pont-pont szerű kapcsolódást megvalósítva. A köszörülő hatáshoz elengedhetetlen relatív csúszás eredhet a csavarfelület és a korong jelentősen eltérő átmérőjéből következő kerületi sebesség eltéréseiből közel azonos kerületi sebességirányok esetén, vagy célszerűen közel ellentett kerületi sebességirányok alkalmazásával, azonos forgásirány esetén. Egy ilyen köszörülési technológia megvalósítására alkalmas, a szerző által szabadalmaztatott köszörűgép felépítése a 2. ábrán követhető.



2. ábra. Az új típusú köszörűgép felépítése

A C/C' áttételi hányados értéke általában 1. További segédmozgások szolgálnak az általában sugár irányú előtolómozgás biztosítására egy véghelyzettel a kész pozícióban. A köszörűkorong emlékeztethet egy Reishauer típusú csigakorongra, vagy ölthet egy toroid hajtás csigakerekére emlékeztető alakot. Azonban van egy jelentős eltérés a Reishauer-féle és az itt alkalmazott korongok között: a találmány szerinti kialakítások gyakorlatilag sosem szabályos csavarfelületek. A nem csavarfelületű korong alkalmazásának létjogosultságát bizonyítja a Tan által később bejelentett találmány [13] is, melyben a korongfelület egy evolvens profilú fogakkal ellátott kúpos tengely belső felülete által burkolt, nem pedig a koronggal köszörülendő homlokkerék felületével. Nála a köszörűkorong szabályozás eredménye egy toroid-szerű korong, mely szintén nem forgásfelület alakú. A hajtás maga hasonlít egy kúpkerek hajtásra, elemzése [9]-ben található.

2.1. Az új köszörülési eljárás

Az új eljárást elsősorban a munkadarab C forgásának és a korong C' forgásának kapcsolt-sága jellemzi, a rendszerint 1:1 fordulatszámviszonnyal. A szokásos normál sebességű (30m/s) köszörülés esetén a korong kb. 14/s fordulattal forog, míg nagysebességű köszörülés esetén (80m/s) 36/s fordulat lenne szükséges egy kb. 50mm átmérőjű munkadarab kb. 650mm átmérőjű koronggal történő köszörülésekor. A 80m/s forgácsolósebesség megfelel a legkorszerűbb Reishauer RZ550 csigakorongos fogaskerékköszörűgép maximális forgácsolósebességének. A változó erőhatások miatt a minél nagyobb korongátmérő és minél kisebb korongfordulatszám alkalmazása célszerű. A korong statikus és dinamikus kiegyensúlyozása előfeltétel. A köszörűkorong működő felületének a munkadarab kész felülete konjugáltjaként kell elkészítve lennie. A köszörülés előtt a munkadarabot rögzítjük a C forgó tengelyt megvalósító munkadarab-befogóban, majd a szükséges CNC vezérelt tengelyeket megfelelő pozícióba állítjuk. Amikor a köszörülés elkezdődik, a CNC vezérlés gondoskodik a munkadarab és a korong összerendezett forgásáról, továbbá a szükséges előtolómozgásról, biztosítva ily módon az előtolómozgás végállapotában előálló konjugált leképezést eredményező mozgásviszonyokat.

A köszörűkorong munkadarabról visszaburkolt működő felületének geometriáját a mai korszerű konjugált felület származtató szoftverekkel, pl. a szerző által kifejlesztett Surface Constructor (SC) programmal előállíthatjuk. A szoftver által alkalmazott, az alámetszések elkerülését is támogató elmélet és a program részleteiben megismerhető a [7] irodalomból.

2.2. Az új köszörülési eljárás előnyei

Az eljárás előnyei a következők:

- Lehetővé teszi a forgásfelületű koronggal nehezen megköszörülhető munkadarabok, pl. kúpos és globoid csavarfelületek elméleti pontosságú megköszörülését.
- Lehetővé teszi szuperkemény szemcséjű abrazív réteggel bevont, nem szabályozható korongok alkalmazását.
- Egyes esetekben, amikor szabályozható korong kerül alkalmazásra, a köszörülést megelőző korongszabályozás tetszőleges időtartamú és pontosságú lehet.
- Nagy átmérőjű korongok alkalmazásával nagysorozatú gyártásban is lehetővé teszi a tartós pontosságot a nagy korong-működőfelületnek köszönhetően.
- Speciális csavarfelületek, pl. a menethernyó mentén modifikált csavarfelületek megmunkálása is lehetséges.
- A köszörűgép nagyfokú rugalmasságából eredően alkalmas egyszerű palást-, vagy menetköszörülésre, illetve Reishauer-típusú csigakoronggal homlokfogaskerekek köszörülésére.

A rövid csavarfelületek, illetve csak kis átmérőjű koronggal megmunkálható alkatrészek, továbbá a kis sorozatok esetében előnyös folyamatos korongszabályozással szemben a drágán előállítható alakos korong miatt elsősorban hosszabb menethernyók nagysorozatú gyártásához előnyös. Bár a 7 tengelyes köszörűgép kialakítás szintén drága és összetett, hasonló bonyolultságú gépek a fogaskerekek köszörülésére nem ismeretlenek, pl. a Gleason BPG köszörűgép hét vezérelt CNC tengellyel, vagy a Koepfler & Sohne Model KX120 CNC vezérelt fogaskerék köszörűgép nyolc vezérelt tengellyel, csigakoronggal folyamatos fogaskerék-köszörüléshez.

3. Esettanulmányok nem szabályos csavarfelületek köszörülésére

A következő alfejezetekben három példát adunk az előzőekben ismertetett új technológiával megoldható köszörülési feladatokra. Az első példa kúpos csavarfelületű spiroid csiga köszörülését modellezi, a második tengelymenti emelkedésében modifikált hengeres csigájú csigahajtás csigájának köszörülését elemzi, a harmadik pedig a térfogatkiszorításos erőgépek újfajta forgó rotorjának köszörülhetőségét vizsgálja.

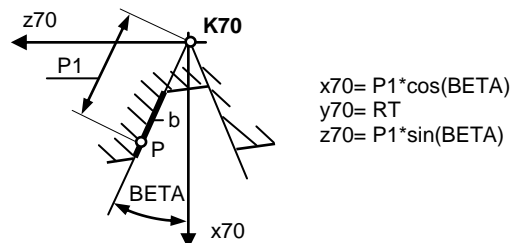
3.1. Egyenes alkotójú kúpos csavarfelület elméleti pontosságú köszörülése

A kúpos csavarfelületű csigák fogfelülete az 1. ábra kapcsán ismertetett gond miatt forgásfelületű köszörűkoronggal elvi pontossággal általában nem köszörülhető meg. Kivételt képez a kiteríthető felületű evolvens csavarfelülettel rendelkező kúpos csiga, mely Gansin [8] és Tajnafői [14] vizsgálatai szerint síkfelületű köszörűkoronggal elméleti pontossággal megköszörülhető. A szerző által javasolt hengeres lábfelületű kialakítás alkalmazásával az archimédeszi és a konvolut csavarfelületű kúpos csigák is elvi pontossággal megköszörülhetők, bár ilyenkor a képről is megállapíthatóan – a lábhengeren a lábszalag balról jobbra haladva egyre szélesedik - eltérő axiális előtölást kell alkalmazni a két fogoldalra a nulla értékű radiális előtölás mellett.



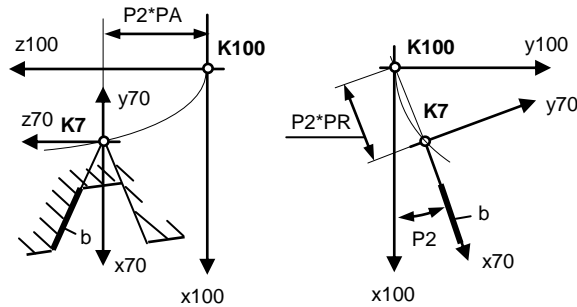
3. ábra. A hengeres lábfelületnek köszönhetően pontosan megköszörülhető archimédeszi kúpos csiga

Az előbbi speciális esettől eltekintve a kúpos Archimédeszi és konvolút csigák elméleti pontosságú megköszörülése, különösen nagy sorozatok esetén a 2. szakaszban bemutatott köszörűgépet és technológiát igényli. A következőkben konkrétan archimédeszi csavarfelületű kúpos csiga esetére mutatjuk be a megoldást. A fő feladat a köszörűgép CNC tengelyeinek megfelelő beállítása mellett a kúpos csavarfelületről visszaburkolt köszörűkorong működőfelület meghatározása. Ehhez az SC programban definiálni kell a csiga kúpos csavarfelületét a 4. ábrának megfelelő kifejezések megadásával a K70 koordinátarendszerben.



4. ábra. A csavarfelület generáló b profilgörbéjének megadása a K70 koordinátarendszerben

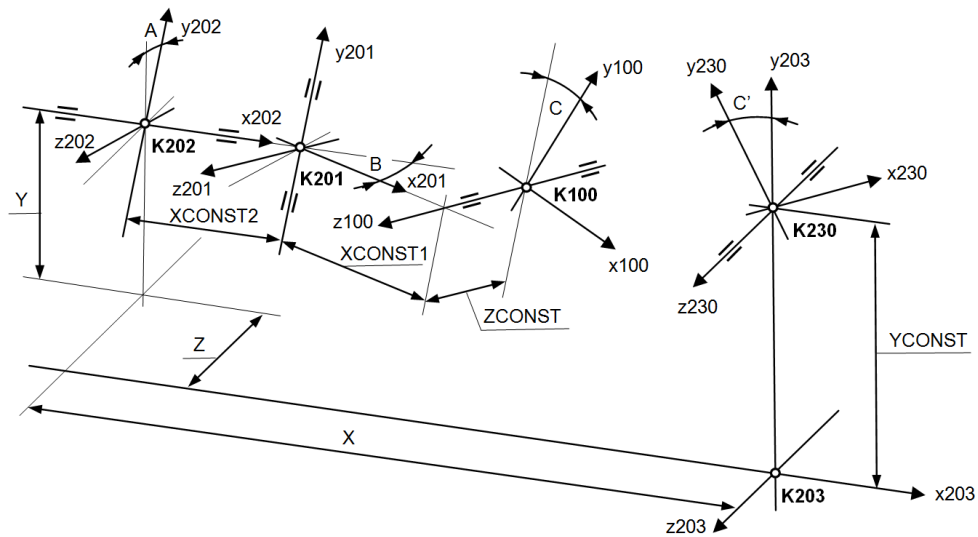
A P1 görbeparaméterrel megadott görbekoordinátákat kifejezések formájában kell bevinni a szimbolikus algebrai számítások végzésére képes SC programba. A kifejezésekben BETA a profilszög. A b profilgörbe csavarfelületet származtató kúpos csavar mozgását a K70 koordinátarendszernek a csigához kötött K100 koordinátarendszerben a P2 paraméter szerinti mozgásával írjuk le. Az 5. ábrán a PA a csiga tengely irányába eső, míg PR a sugárirányú csavarparaméter.



5. ábra. A felületgeneráló mozgás

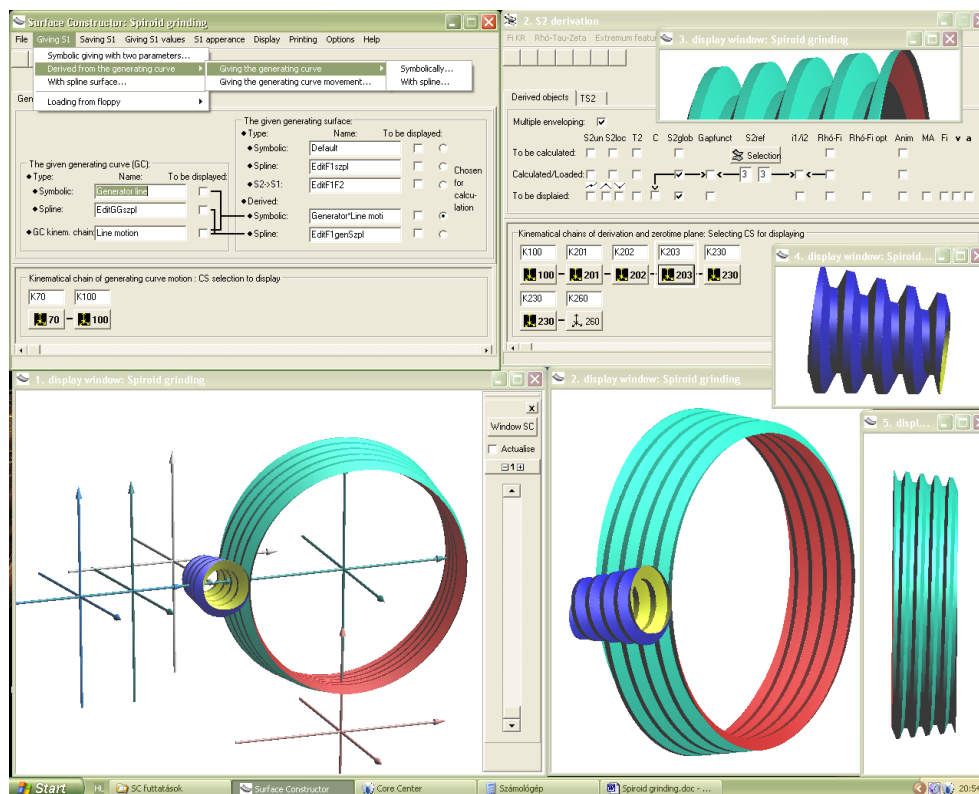
A K70 profilhordozó koordinátarendszer egy kúpos csavarvonal mentén mozog, miközben a b profilegyenes sőpri a kúpos csavarfelületet. A P2 paraméter szerinti forgás és két lineáris elmozdulás kifejezésének megadása után az SC automatikusan generálja a koordinátarendszerek közötti transzformációs mátrixok szimbolikus alakját, majd a csavarfelület kétparaméteres alakját.

A csiga és a kőszörűkorong közötti kinematikai viszonyt koordinátarendszer-párok közötti transzformációk láncolataként adhatjuk be az SC rendszernek. A szükséges paraméterek és konstansok a 6. ábráról leolvashatók.



6. ábra. A kőszörűgép koordinátarendszereinek viszonya

A bevétel során keletkező szimbolikus transzformációs mátrixokat az SC automatikusan létrehozza. A különféle konstansok a gép méretét írják le, míg az X, Y, Z, A, B, C, C' jelölések a numerikusan vezérelt tengelyek paramétereit. A szimbolikus paraméterek értékadása és a burkolt felület számítások elvégzése után előáll a származtató csigafelület és a burkolt korongfelület numerikus alakja, mely ábrázolható. A 7. ábra mutatja az SC tervezőprogram képét a modellezett kúpos csigafelülettel és a generált korongfelülettel. Hasonló módszerrel köszörülhetünk meg globoid csigát is, ekkor azonban a gépbeállítási adatokra nagyobb figyelmet kell fordítani az alámetszés fellépésének elkerülésére.



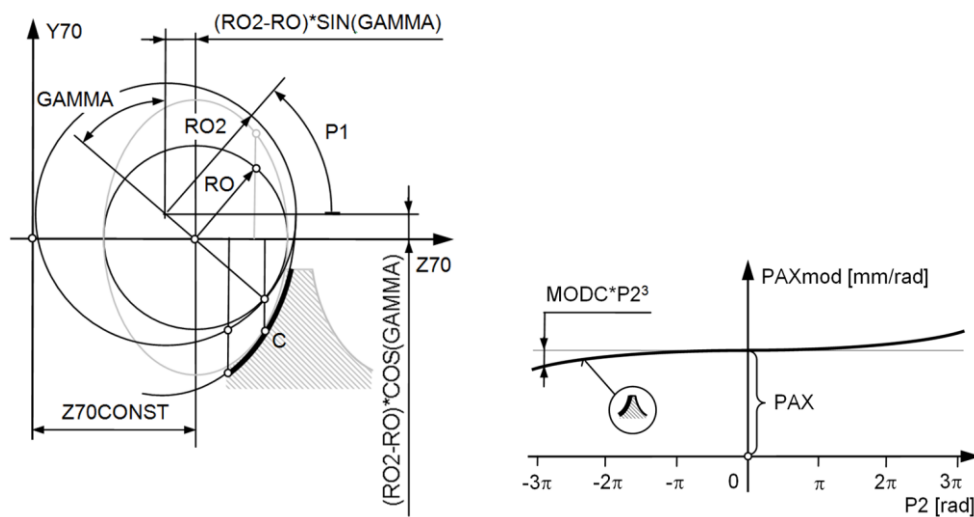
7. ábra. Arkhimédieszi kúpos csavarfelület köszörülésének modellezése

3.2. Axiális emelkedésében modifikált csiga köszörülése

Hengeres csigahajtások csigájának modifikálása lehetőséget nyújt arra, hogy az alapesetben vonal mentén megvalósuló csiga-csigakerék kapcsolódást a fogmagasság közepére lokalizáljuk, ezáltal közelítve a pontszerű kapcsolódást. A lokalizált hajtás előnye, hogy szemben a vonalmenti érintkezéssel, mely a legkisebb gyártási, vagy szerelési hiba esetén is élenfutást eredményez, amikor is a kapcsolódás a csiga, vagy a csigakerék fogának fején valósul meg, ezen hibák esetén csak a kapcsolódási minták kismértékű áthelyeződése jelentkezik, de a kapcsolódás megmarad a fogfelület közepén, megtartva a felület-felület kapcsolódást. Hátránya ugyanakkor, hogy a konstans áttételi viszony igen kismértékben ingadozóvá válik. A következőkben ezt a fogmagasság irányban érvényesített lokalizálást

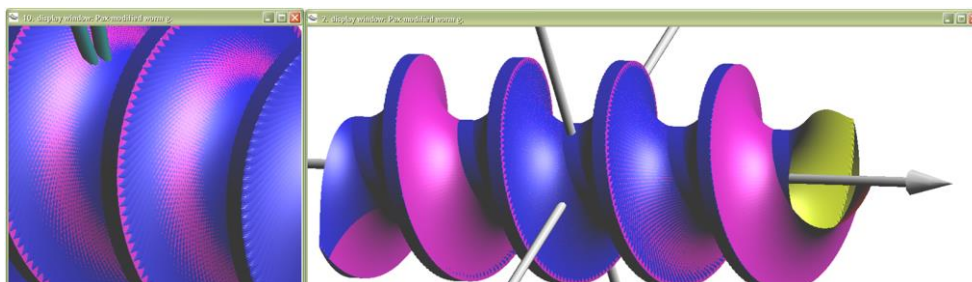
egy újfajta, a csiga hossza mentén érvényesített lokalizálással is kiegészítjük. Ennek célja, hogy a csiga szélső fogai és a kapcsolódó csigakerék fogak között minimális rést hozzunk létre annak érdekében, hogy a terhelés alatt lévő csigahajtás igen kismértékben deformálódó középső fogai miatt a kapcsolódásba igen kisfokú fogakadással belépő szélső fogaknál ezt a fogakadást, ami elsősorban nagyobb működési zajt eredményez, kiküszöböljük. Ezáltal mind a kapcsolódásba való belépés, mind a kilépés zökkenőmentes, finoman beállítható lesz.

A sugárirányú modifikálást a vizsgált tengelymetszetben ellipszis profilgörbéjű csigánál egy, a csigakerék fogazásához használt lefejtőmaró profilellipsziséből nagyobb ellipszissel érjük el, amint a 8. ábra bal oldala mutatja. A tengely menti lokalizálást az emelkedés értékének a 8. ábra jobb oldalán látható köbös függvénnyel történő megadásával érjük el.

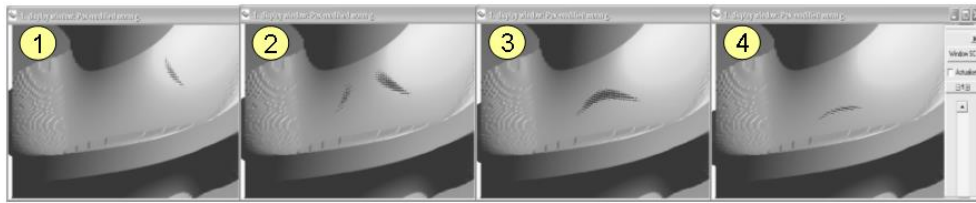


8. ábra. Sugár irányú és tengelyirányú lokalizálás a csigán

A két modifikáció hatását a csigán a modifikálatlan helikoidhoz viszonyítva a 9. ábrán követhetjük, baloldalt a sugárirányú, jobboldalt a tengelymenti módosítás eredménye követhető. A kétszeres lokalizálással a csiga fogmagasságának középső sávjában adódó kapcsolódási minták jól mutatják a 10. ábrán, hogy a lokalizálás sikeres volt.

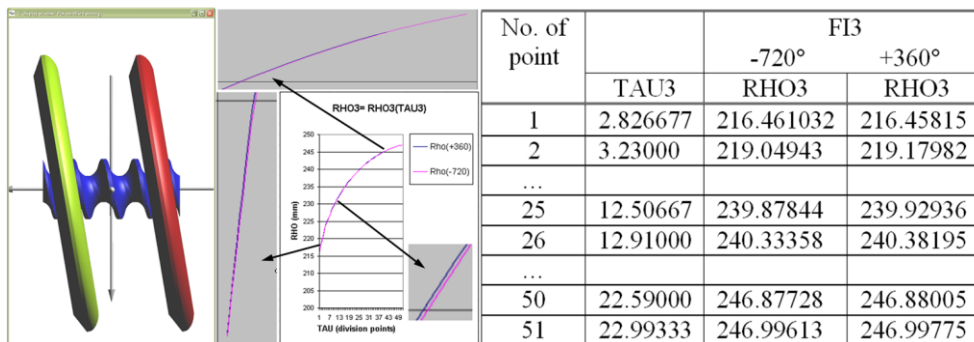


9. ábra. Sugárirányú és tengelyirányú lokalizálás viszonya a referencia helikoidhoz



10. ábra. A kétirányban lokalizált csigahajtás kapcsolódási mintái

A P2 paraméter szerinti köbös emelkedési függvénnyel kialakított csiga igen kis mértékben eltér az egyenletes emelkedésű helikoidtól, emiatt a köszörülése forgásfelületű koronggal elvi pontossággal nem végezhető el. Ez egy konkrét vizsgált esetre számszerűen is kimutatásra került. A csiga két végén számított forgásfelületű korongokat mutatja a 11. ábra baloldali része. A korongok profiljának összevetése látható a középső ábrán, a jobb szélén pedig a profilok számszerű összehasonlítása látható. A középső ábra mutatja, hogy a korongok az alkalmazott kinematikai beállításoknak köszönhetően a korongprofil két végén gyakorlatilag egybeesnek, a hiba maximuma a profil közepén jelentkezik. Ezt az eltérést sugár irányban mérve adja a RHO3 értékeket feltüntető összevetés. A 0.05mm-es hiba eléggé nagy ahhoz, hogy felmerüljön az előző esettanulmányban alkalmazott speciális köszörűgép és köszörülési technológia alkalmazásának igénye.

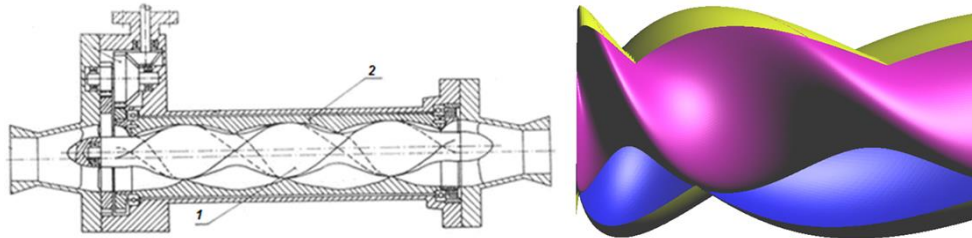


11. ábra. A csiga két végéhez számított korongok, a korongprofilok eltérése grafikusán és numerikusan

3.3. Újfajta térfogatkiszorítás-elvű erőgépek rotorjának köszörülése

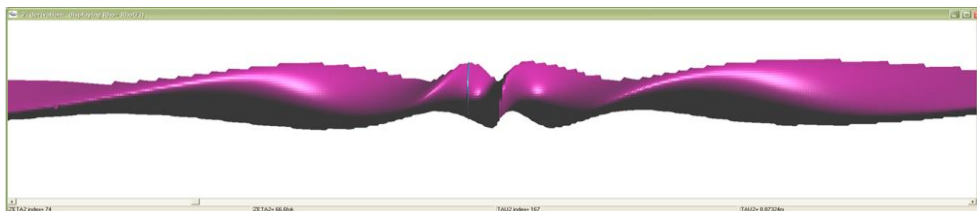
Az elmúlt évek szivattyúfejlesztésének egyik eredménye a magyar szabadalommal védett, a FORCYL cég által gyártott, a 12. ábra bal oldalán látható konstrukció, mely az 1 rotorból és a 2 forgó kamrából áll [11]. Az excentrikusan csapágyazott, ciklois keresztmetszetű rotor és kamra között zárt térrészek vannak, melyek a működés során a tengelyekkel párhuzamosan mozogva alkalmasak folyékony és gáznemű közegek továbbítására. Az egyenletes emelkedésű csavarfelületek köszörülése hagyományos menetkösörülési módszerrel is megoldható, a korongfelületek pl. a HELICAD szoftverrel [4] is meghatározhatók.

A szerző találmánya az előző szivattyú nem egyenletes tengelyirányú összenyomásával kialakuló kompresszor, vagy expanziós gép (pl. gőzgép). Az új gép rotorját és a forgó kamra belső felületét az SC programmal modellezve kaptuk a 12. ábra jobb oldalán látható kialakítást, mely a kamrát felnyitva mutatja.



12. ábra. A FORCYL-típusú szivattyú és a módosításával keletkezett erőgép-modell

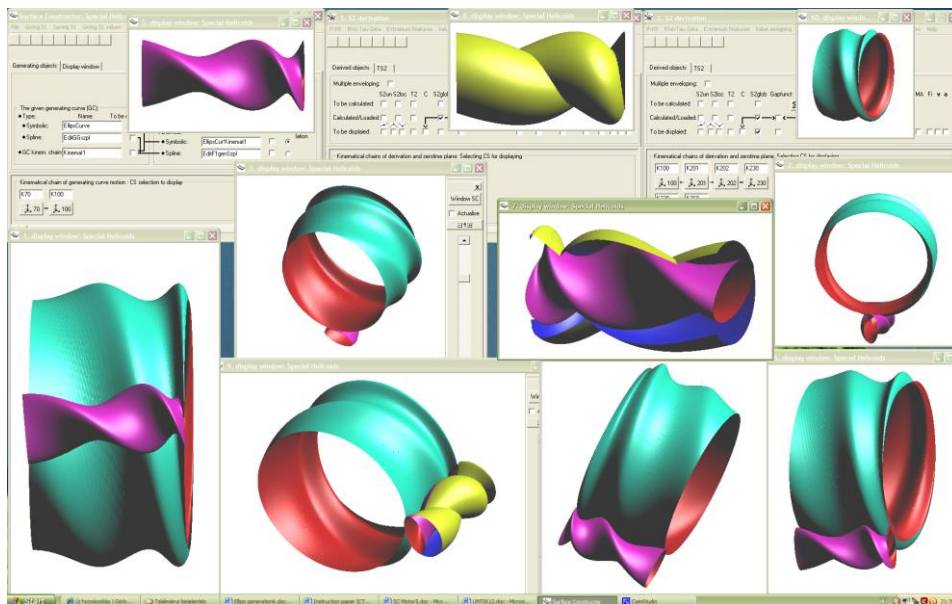
A gép forgásiránytól függően kompresszorként, vagy expanziós gépként működhet. A gép minél jobb hatásfokú működéséhez elengedhetetlen a közel nulla rés biztosítása a forgó elemek között, hasonlóan a turbókompresszor rotorokhoz, emiatt az elemek köszörülése célszerű [12]. Ebben a cikkben csak a rotor köszörülését vizsgáljuk, mely a külső felülete ellenére sem tűnik egyszerűnek a korong és a rotor között fellépő alámetszés lehetősége miatt. Korábbi, csigák köszörülésének vizsgálatával szerzett tapasztalatból evidensnek tűnik a köszörűkorong bedöntése a csavarfelület legkisebb emelkedési szögére. A korong működő felületének meghatározása és a köszörülő mozgás szimulációja az SC programmal történt, leképezve általa a 2. ábrán látható köszörűgép beállítási és mozgásvizonyait. Az alámetszésmentes, konjugált kapcsolódás ellenőrzésére a SC programban rendelkezésre álló $R = R(\Phi)$ függvények megjelenítésének lehetőségét alkalmaztuk. Az $R = R(\Phi)$ függvények az SC alapját képező *Elérés modell* szolgáltatásai, kiválóan alkalmasak a kapcsolódás jóságának és az alámetszések feltárására, lásd [6]. Az $R = R(\Phi)$ függvények elemzésének lehetőségét a program egy ablak formájában nyújtja, melynek belső felülete az $F2$ felület $T-Z$ paramétertartományának van megfelelően. (A szoftver $T \rightarrow \text{TAU}$; $Z \rightarrow \text{ZETA}$ átnevezéseket alkalmaz). Egy adott (T, Z) pontra kattintva, az adott pont generálását eredményező $R = R(\Phi)$ függvény jelenik meg. Az egérrel mozogva, a mindenkori pozíciónak megfelelő függvénygörbe látszik, azaz a teljes $T-Z$ tartomány kényelmesen feltárható. További lehetőségként a T (TAU), ill. a Z (ZETA) görgetőlecekre kattintva az $R = R(\Phi, Z)$, illetve $R = R(\Phi, T)$ felületeket látjuk. Húzva a görgetőlecek tolokait, a megfelelő felület folytonos változásával áttekinthetjük a teljes T (TAU), illetve Z (ZETA) intervallumot, azaz a teljes $F2$ felületet. Az $R = R(\Phi)$ függvényekkel végzett vizsgálat során a sima, azaz törés-, vagy csúcsmentes minimumalakkal bíró görbék, illetve ilyenek seregeként adódó völgyfelületek a kedvezőek. Az ettől eltérő sima, pl. inflexiós alakzatok alámetszést jeleznek. Összhangban a 13. ábra szerinti felületszerű megjelenítéssel, az egyedi $R = R(\Phi)$ függvények megjelenítésével, azaz a $T-Z$ tartomány letapogatásával is alámetszésmentesnek bizonyult a származtatott korongfelület.



13. ábra. Az $R = R(\Phi)$ függvények seregeként előálló felület alulnézetben

Megjegyezzük, hogy a megjelenített $R = R(\Phi)$ függvény az ablakban tetszőlegesen mozgatható, nagyítható, a helye nem, csak az alakja fontos. Hasonlóan a felületek is tetszőlegesen mozgathatók, akár alulról is vizsgálhatjuk a „völgyeket”.

A vizsgálatok megmutatták, hogy a változó emelkedésű rotor alámetszémentesen köszörülhető. Sajnos, egy ilyen köszörűkorong elkészítése drága és használata csak a rotorok tömeggyártásánál elképzelhető. A megfelelő korongtípus nem a szokásos leszabályozható fajta, hanem az egyszemcsesoros fém alaptestű kivitel. A teljes tervezési folyamat összes összetevőjét mutatja a tervezőrendszerrel készített pillanatkép: az F1 felületként működő rotorral, az első származatóablak beállításával generált forgókamra felülettel és a második származtatásban szintén a rotor felülettel burkolt köszörűkorong felülettel. A többi, egymástól függetlenül beállítható ablak az egyes elemeket most éppen páronként mutatja, bármelyikbe kattintva a mozgások működtethetők. Az $R = R(\Phi)$ függvények megjelenítőablaka éppen be van zárva (14. ábra).



14. ábra. Az újfajta erőgépek rotorjának köszörülhetőségi elemzése az SC programban

4. Összefoglalás

A cikk nem szabályos csavarfelületek elméletileg pontos köszörülésének lehetőségével foglalkozott. Kimutatta, hogy a hagyományos forgásfelület alakú koronggal általában elvi pontossággal nem megköszörülhető kúpos és globoid csigák, modifikált csavarfelületű csigák és változó emelkedésű rotorok pontos megköszörülése egy új technológiával és köszörűgéppel elvégezhető. Az alkalmazott speciális módszer a csigát teljes szélességében egyszerre köszörüli, a csigával működő felületű köszörűkoronggal. A burkolt felület számítása és az alámetszémentesség ellenőrzése a Surface Constructor kinematikai modellező szoftverrel történt. További vizsgálatok tárgyát képezheti változó emelkedésű belső csavarfelülettel rendelkező forgókamrák köszörülhetősége.

5. Köszönetnyilvánítás

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

6. Irodalom

- [1] Boecker, E., Rochel, G.: *Messprobleme bei der Fertigung von snecken-getrieben*, Werkstatt und Betrieb, No.2, 1964, pp. 153-156.
- [2] Dudás, I.: *Grinding possibilities of the conical worm of spiroid driving pairs*, Proc. microCAD'96 International Computer Science Conf., Miskolc, Hungary, sect. F, 1996, pp. 33-38.
- [3] Dudás, I.: *Theory and Practice of Worm Gear Drives*, Penton Press, London, 2000, p.332
- [4] Dudás, L.: *Kapcsolódó felületpárok gyártásgeometriai feladatainak megoldása az elérés modell alapján*. Kandidátusi értekezés, Budapest, TMB, 1991.p.144.
- [5] Dudás, L.: *Grinding Machine, for Grinding Non-surface of Revolution Surfaces, Especially Conical and Globoid Worms*, Hungarian patent HU P9003803, 1992.
- [6] Dudás, L.: *New Theory and Application for Development of Gear Drives*, X. International Conference on the Theory of Machines and Mechanisms, 2008, Liberec, pp.193–198.
- [7] Dudás, L.: *Modelling and simulation of a new worm gear drive having point-like contact*, Engineering with Computers: Volume 29, Issue 3, 2013, pp 251-272.
- [8] Gansin, V. A.: *Grinding Worm of Involute Spiroid Gearings*, Machine Tools and Tools, No. 5., 1969, pp. 25-27.
- [9] Heath, G. F., Filler, R. R., Tan, J.: *Development of Face Gear Technology for Industrial and Aerospace Power Transmission*, NASA Contractor Report CR-2002-211320, May 2002.
- [10] Huan, Z.: *The Study on a Grinding Method of Straight Outline Hourglass Worm*, Machine Design and Research, No.2, 2000, pp.71-76.
- [11] Micro Europe Kft.: *A Sokszögmegmunkálás Élvonalában*, Elérhető: <http://www.microeurope.hu/indexsziv.html>, Letöltve 2013. febr. 19.
- [12] Stosic, N., Smith, I. K., Kovacevic, A.: “*Opportunities for innovation with screw compressors*”, Proc. IMechE, J. Proc. Mech. Eng., Elérhető: <http://www.staff.city.ac.uk/~ra601/oportsvi.pdf>, Letöltve 2013. febr. 19.
- [13] Tan, J.: *Method for forming a grinding worm for forming a conical face gear that meshes with a conical involute pinion*, US Patent No. 6602115, 2003.
- [14] Tajnafői, J.: *Szerszámgépek mozgásleképző képességeinek elmélete és néhány alkalmazása*, Kandidátusi értekezés, Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc, 1966.