

FORGÁCSOLÓSZERSZÁM-TESTMODELL VÁGÓÉL- PONTJAINAK MEGHATÁROZÁSA CAD-MÓDSZEREKKEL

CAD SOLUTION TO DETERMINE POINTS FROM CHIPPING TOOL SOLID MODEL CUTTING EDGES

Tolvaly-Rosca Ferenc,¹ Máté Márton,² Forgó Zoltán,³ Pásztor Judit⁴

Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia

¹ tferi@ms.sapientia.ro

² mmate@ms.sapientia.ro

³ zforgo@ms.sapientia.ro

⁴ pjudit@ms.sapientia.ro

Abstract

The Mixed CAD Generating Method, developed and presented in previous papers, it is able to generate gears teeth gaps in form of a special points cloud. The generation method needs only some specific points from the cutting edges of the generating tools. These points can be obtained, in a first approach, simply, drawing the cutting edges. The drawings can use either mathematical equations, either simple constructive and designing principles of the cutting tools. In case of more complex, multi-edge cutting tools, or in case of tools where we don't have the equations, could be simpler to build a solid model, or to get the solid model of the tools, from the tool's designer or manufacturer. In these cases, it will be useful to get the generating points directly from tools solid models. The paper presents two possibilities to determinate these points with usual CAD methods.

Keywords: *mixed CAD generating method, generating points, tool edge, solid model.*

Összefoglalás

A vegyes CAD generálási módszer, amelyet a szerzők dolgoztak ki és mutattak be korábbi közleményekben, a fogaskerekek fogai közötti, különleges típusú pontfelhők generálására alkalmas. A módszer csupán a vágószerszám élein található pontok egy részének meghatározását igényli. Ezen pontok egyszerű vágószerszámok esetén CAD-rajzolással, egyenletek vagy egyszerű tervezési elvek alapján készíthetők el. Többélű vagy bonyolult forgácsolószerzők esetén, vagy amikor nem áll rendelkezésünkre matematikai modell, egyszerűbb lenne a generálóélen található pontok meghatározása a vágószerszám testmodelljéről. E cél elérése érdekében jelen dolgozat két CAD-eljárást javasol.

Kulcsszavak: *vegyes CAD-módszer, generálopontok, vágóél, testmodell.*

1. Bevezetés

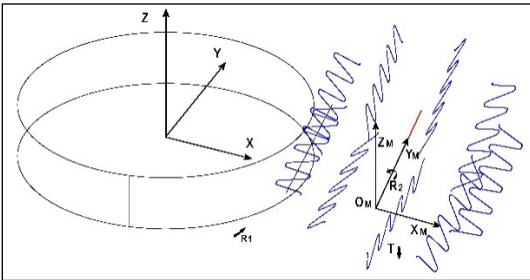
Korunkban széles körűen elterjedtek a virtuális környezetben végzett fogaskerékgyártás- és hajtásvizsgálatok, napjaink alapvető gépészeti fejlesztéseinek és kutatásainak fontos eszközévé váltak a számítógépes szimulációk. A forgácsolással gyártott alkatrészek, így a fogaskerekek is, először számítógépes környezetben, modellezés-

sel készülnek el [1, 2]. Ahhoz, hogy a különböző fogaskerék-hajtás-alkalmazások és kutatások eredményei megfelelő pontosságúak legyenek, alapvető követelmény, hogy az előállított fogaskerekek felülete nemcsak kielégítő pontossággal, hanem gyorsan is megépíthető vagy módosítható legyen. A folytonos fejlődés mellett ezek a nagyszámú modellezési eljárások korlátokkal is rendelkeznek.

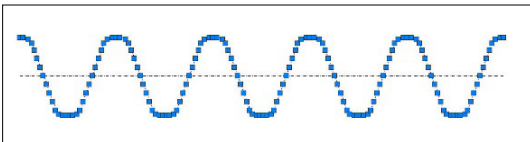
A nem matematikai egyenleteken alapuló felületgenerálási módszerek között ismert a szerzők által kidolgozott, további fejlesztés alatt álló és már publikált eljárás, a vegyes CAD-módszer [3, 4]. A megnevezés a merevtest-kivonás módszerének relatív mozgásait, pontfelhő-feldolgozását és az utólagos CAD-modellezési eljárások ötvözését igyekszik lefedni. A módszer előnye, hogy mivel nem igényel matematikai dedukciókat és a felületek matematikai egyenleteit (fogaskerék fogfelületei sem), alkalmazható ismételt és nagyszámú módosítások szinte azonnali modellezésére. A merevtest kivonásával ellentétben a modellezési idő töredékére rövidült, illetve lehetőség van igen rövid idő alatt a részleges vizuális ellenőrzésre is.

Az eljárás az előgyártmány és a forgácsolószerző szám lépésekben elvégzett, relatív lineáris és forgómozgásainak szimulálásával történik (1. ábra).

A vágóéleken csak korlátozott számú pontok vannak meghatározva, amelyek a mozgások lépései során jól meghatározott helyzetben helyezkednek a térben, ezeket a kidolgozott számítógépes program segítségével rögzítjük. Ezek a pontok egy sajátságos térfogatban (a fogárokbán) elhelyezkedő pontfelhőt alkotnak, amelyeket saját pontszűrő algoritmussal feldolgozva, megkapjuk a fogoldalakon található pontok halmazát. Ezekre a pontokra CAD-eljárásokkal NURBS-felületeket építünk, amelyek segítségével a fogaskerék testmodelljét építjük majd fel.



1. ábra. Egyenes fogú hengeres fogaskerék fogárkainak generálása vegyes CAD-módszerrel



2. ábra. Csigamaró éleinek megközelítése AutoCAD-síkrajzzal

2. A generálopontok meghatározása

A [3, 4] publikációkban a csigamaró éleit az [5]-ben ismertetett tervezési adatok alapján rajzoltuk meg, viszonylag durva megközelítéssel, alapvető AutoCAD-parancsokat használva (2. ábra).

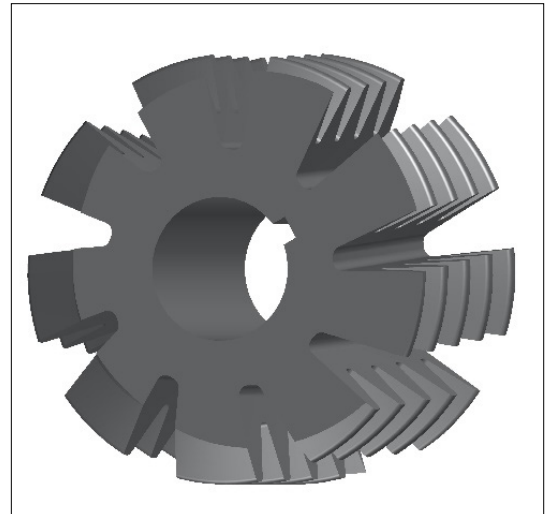
Habár a vonalakból és körvekből épített élek 3d polyline-ként készültek, ezeket igen bonyolult lenne térben megrajzolni, így csak síkban épültek fel, elfogadható hibával. A következő lépésekben alapos munkával kellett sokszorozni, majd megfelelő térpozícióban elmozdítani és elforgatni őket, a szerszám csigavonalának megfelelően kiszámított helyekre.

Egyértelmű, hogy az elkerülhetetlen pontatlanság miatt ez a teljes modellezési eljárás legnagyobb részét követelte, bármilyen módosítása már valamivel könnyebb volt, de elmaradt attól a pontosságtól és rugalmasságtól, amelyet az eljárás céljaul tűztünk ki.

Ezen nehézségek és pontatlanságok kiküszöbölését, bonyolult és többelű szerszámok esetén, egy későbbi kutatási időpontra halasztottuk, elsőbbséget élvezve a pontthalmazok szűrése és a fogfelületek visszaépítése.

Jelen dolgozat a pontfelhő-generálopontok egyszerűbb és pontosabb meghatározásának eljárását javasolja, a vágószerszámok testmodelljeiből.

A testmodellek egyszerűen felépíthető parametrikus modellezőprogramok segítségével, az aktuális szakirodalomban található leírások és tervezési segédletek alapján [6, 7, 8]. Azonban használhatók tetszés szerint testmodellek külső



3. ábra. Csigamaró testmodellje

forrásokból is: szerszámtervezők- vagy akár szerzőszámgyártók testmodelljei is.

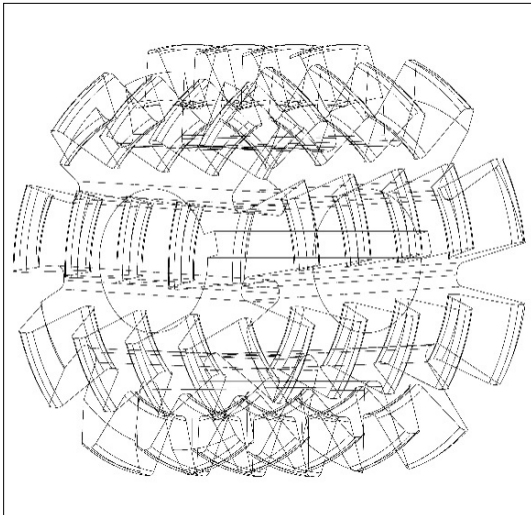
A **3. ábrán** a [7, 8] alapján modellezett csigamáró testmodellje látható, amelyet egyszerű Autodesk Inventor utasításokkal néhány perc alatt építettünk meg.

A csigamáró testmodelljét az általános testmodell használhatósági alapelve alapján importáltuk ACIS *.sat file-ba, majd ezt importáltuk AutoCAD-be. Célunk az volt, hogy egy tetszőleges modellezési környezetben épített file formátumban importáljuk, ezzel alátámasztva, hogy az eljárás egyetemesen alkalmazható bármilyen rendszerben előállított testmodell esetén is. Innen a cél, a vágóélek azonosítása, azok kiemelése, majd a rajta található generálopontok meghatározása volt.

Először is a [9]-et tanulmányozva azonosítottuk, hogy a vágóélek kubikus spline formájában jelennek meg AutoCAD környezetben, majd rátértünk a céljaink elérésében használható AutoCAD parancsok keresésére. Habár közel húszéves tapasztalattal rendelkezünk az AutoCAD API programozásában, igyekeztünk teljesen szokványos parancsokat alkalmazni az élek kinyerésére.

Ezek egyike a [11]-ben ismertetett Copy Edges parancs, amely a 2016-os AutoCAD változatunkban a Modify → 3DOperations → Copy úton érhető el, ezzel egy testmodell minden éle kinyerhető (**4. ábra**).

Az így kapott élek száma 1080 darab térbeli spline görbe, amelyek közül ki kell majd választani és eltávolítani azokat, amelyek nem vágóélek. Megállapítható, hogy a kezdeti rajzolásos



4. ábra. Csigamáró-testmodell Extract Edges utasítással kinyert összes éle

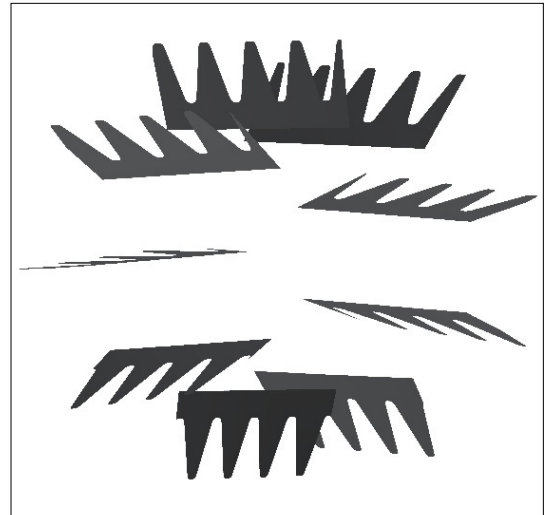
módszerrel épített élekhez képest a pontosság műszaki szempontból teljesen kielégítő, az így kapott élek egyértelműen térgörbék, a kubikus spline-okra jellemző pontossággal, kiválóan közelítik a testmodell éleit.

Az első eljárás során nagyon sok spline-t kell azonosítani és törölni, ami eléggé bonyolult és időigényes feladat és nagy odafigyelést igényel. Ugyanazon élek elérésére egyszerűbb, ha a testmodellt átalakítjuk NURBS-felületekre. Ezekből sokkal kevesebb lesz: 362 darab, mely mennyiségből könnyebb a fölöslegesek törlése, majd ezek éleinek kinyerése.

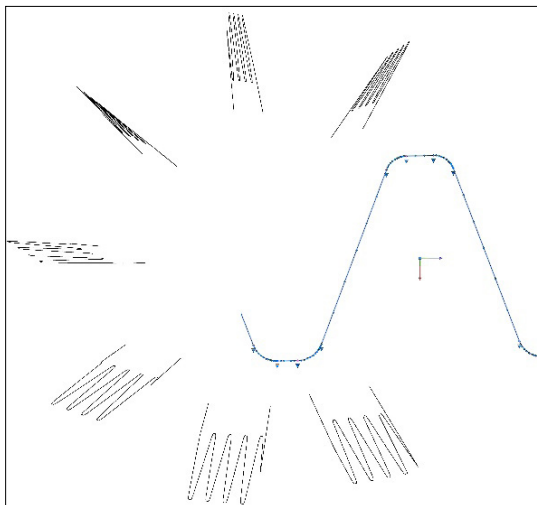
A testmodell átalakítását Modify → Surface Editing → Convert to NURBS utasítással végeztük [12], amelyet egy 20 másodperces kézi szelektálás követett (**5. ábra**), majd a fennebb ismertetett utasítással az élek kinyerése és a felesleges vonalak egyszerű kézi törlése történt meg.

A végeredmény a **6. ábrán** látható. Az ábra közepén egy kiemelt részlet látható az egyik élről, amelyen jól megfigyelhető a módszer helyességét bizonyító generálopontok elhelyezkedése a spline görbékben.

A kezdeti generálóprogramban csupán egyetlen módosítást kell eszközölni: az entitások azonosításában ki kell cserélni a 3dpolyline típust a spline-ra, és a DXF groupcode-ból, az egymást követő 10-es kódcsoportokból kell kiolvasni a pontok koordinátáit minden diszkrét lépés után.



5. ábra. A vágóéleket tartalmazó NURBS-felületek



6. ábra. A spline vágóélek és az egyik nagyított képe a generálopontokkal

3. Következtetések

A bemutatott egyszerű CAD-eljárás a vegyes CAD-módszer pontosságát várhatóan magasra emeli, és leegyszerűsíti a legkülönbözőbb szerszámtípusok modellezését a módszer alkalmazásaiban.

Mivel a szerszámok megépítése testmodellként sokkal gyorsabban történik, mint rajzelemek összeállításából, jelentősen nő a generálási módszer flexibilitása is, lehetővé téve a szerszámok esetleges profil- vagy egyéb módosításainak rövid időn belüli modellezését.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bouzakis K. D., Lili E., Michailidis N., Friderikos O.: *Manufacturing of cylindrical gears by generating cutting processes: A critical synthesis of analysis methods*. CIRP Annals 2008 – Manufacturing Technology, 57/2. (2008) 676–696.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2008.09.001>
- [2] Mohan L. V., Shunmugam M. S.: *CAD approach for simulation of generation machining and identification of contact lines*. International Journal of

Machine Tools and Manufacture, 44/7–8. (2004) 717–723.

<https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2004.02.013>

- [3] Tolvaly-Rosca F., Forgó Z.: *Mixed CAD Method to Develop Gear Surfaces Using the Relative Cutting Movements and NURBS Surfaces*. Elsevier, Procedia Technology, 19. (2015) 20–27.

<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.02.004>

- [4] Tolvaly-Rosca F., Máté M., Forgó Z., Kakucs A.: *Development of Helical Teethed Involute Gear Meshed with a Multi-Edge Cutting Tool Using a Mixed Gear Teeth Modeling Method*. Elsevier Procedia Engineering, 5/2. (2017) 153–158.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.421>

- [5] Secară Gh.: *Proiectarea sculelor aşchietoare*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979. 447–457.

- [6] Radzevich P. S.: *Dudley's Handbook of Practical Gear Design*. CRC-Press, London, 2016. 368–379.

- [7] Máté M., Hollanda D.: *A hengeres fogaskerék-lefejtő csigamaró működő élgeometriájának vizsgálata*. In: A XVII. Műszaki tudományos ülés szak előadásai. Erdélyi-Múzeum Egyesület, Kolozsvár, 2017. 137–147.

<https://doi.org/10.33895/mtk-2017.06.15>

- [8] Máté M.: *Hengeres fogaskerekek gyártószerszámjai*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2016. 187–206.

<https://doi.org/10.36242/mtf-12>

- [9] Omura G., Benton B. C.: *Mastering AutoCAD 2016 and AutoCAD LT 2016*. Autodesk Official Press, SYBEX Inc. Alameda, CA, USA 2015. 753–799.

- [10] Wilson J.: *3D Modeling in AutoCAD: Creating and Using 3D Models in AutoCAD 2000, 2000i ..., 2nd Edition*. CRC Press, London 2011. 110–125.

- [11] Autodesk Knowledge Network: *Extract edges*.
<https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/screencast/Main/Details/f75e7349-8c8d-4ece-a468-65e05d416f6d.html>

- [12] Autodesk Knowledge Network: *To Convert a Solid Into a NURBS Surface*.

<https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloud-help/2016/ENU/AutoCAD-Core/files/GUID-334FBE9A-656E-4870-B732-99050F2E7520-hm.html>