FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

REVERSE ENGINEERING MÓDSZERREL ELŐÁLLÍTOTT FELÜLETEK MINŐSÉGE

Dr. Kodácsy János, Pintér Zsuzsanna, Pokriva Péter

Summary

we have recorded the point cloud of the back surface of a "mouse" with a EURO-M544 type three-co-ordinate measuring instrument equipped with a rigid probe. The measuring instrument is connected to a PC supplied with COSMOS 2.0.R Edi.3 data processing and evaluating programs. Then we have created the triangle model to the scanned points (point cloud) and the surface model with the required tolerance in the CopyCAD software of DELCAM Co. After the production of the triangle or surface model loaded into the PowerMILL software and created the rough and smooth tool-path to automatically generated the CNC program to the NCT 2000 control of the machine-tool. After all we have produced the triangle model and surface model on a CNC machine-tool and we have made a comparison between triangle model and surface model with a roughness measurer.

1. BEVEZETÉS

A háromdimenziós világunkban rengeteg bonyolult alakú tárgy fordul elő, melyek CAD modellezésére két alakleíró módszer terjedt el: az analitikus és a szintetikus. Az analitikus módszer hátránya, hogy nagyon ritkán ad elfogadható, pontos megoldást a valóságos alakzatok megjelenítésére, mert a rendelkezésre álló analitikus elemek módosítása, korrigálása rendkívül nehézkes. A szintetikus módszer sokkal eredményesebben használható, mert ez a tervezési folyamat támogatását helyezi középpontba, így az alakmódosítások - a valóságos alakzathoz való igazítás - egyszerűen végrehajthatók.

A Reverse Engineering szókapcsolat pontos fordításban a „fordított mérnöki tevékenység”-et jelent. Ez alatt azt a mérnöki folyamatot értjük, amelynek során egy fizikailag már létező tárgy (alkatrész, szobor, stb.) számítógépes CAD-geometriáját alkotjuk meg, és ezt követően egy CAM szoftverrel CNC szerszámgépen reprodukáljuk azt. Alkalmazásának szükségességét az indokolja, hogy az analitikus (henger, kúp, gömb, stb.) felületekkel le nem írható alakzatok geometriájának definiálása rendkívül fontos, egyre többször előforduló feladat. Az RE iparban való gyors megjelenését az is indokolta, hogy a régi, számítógépes adatok nélküli tervek gyakran elkallódtak vagy éppen egy kézzel formázott mesterminta reprodukálására volt szükség. Másik szempont, hogy a komplex, szoborszerű alakzatok - például egy számítógép beviteli eszközeként használt

„egér” - geometriájának meghatározása, lemérése tradicionális mérőműszerekkel (tolómérő, mikrométer, stb.) csak nagyon körülményesen valósítható meg. Az RE ezekre megoldást ad, de segít az elhasználdott szerszámok javításában, és segíti a gyors prototípuskészítést (Rapid Prototyping, RP) is [1].

2. A REVERSE ENGINEERING FOLYAMATA

Az RE folyamat a következő lépésekre tagolható

- a pontfelhő létrehozása, szkennelés
- burkolás
- a megmunkálási stratégia kiválasztása, szerszám-pálya-generálás
- a szerszám-pálya szimulációja
- CNC megmunkálás.

2.1. A SZKENNELÉS

A szkennelés (vagy sorozatos digitalizálás) alatt ismeretlen síkbeli, 2D-s illetve térbeli, 3D-s alakzatok felületi pontjainak letapogatását értjük. A Kecskeméti Főiskola GAMF Karának Gépgyártástechnológia Tanszékén egy EURO-M544 típusú háromkoordinátás mérőgéppel, merev tapintóval ($D = 2.6 \text{ mm}$) vettük fel a pontfelhőt egy „egér” hátsó felületéről (Lábra). A mérőgép összeköttetésben állt a COSMOS 2.0.R Edi.3 programot tartalmazó adatfeldolgozó és kiértékelő PC-vel.

1. ábra

Szkennelés háromkoordinátás mérőgéppel

2. ábra

A mérőgéppel felvett pontfelhő (pointcloud)

A továbbiakban a szkennelt pontokra illesztett háromszögmodell illetve felületmodell létrehozására került sor. A szkennelés után kapott digitalizált pontok sorozatát összefűzve, majd szöveges fájl formátumba (*.txt) elmentve kaptuk a feldolgozandó pontfelhőt.

A pontfelhőt a DELCAM cég CopyCAD szoftverébe importálva (2. ábra) lehetőség nyílt a „scanline”-ok (a szkenneléskor kapott görbék) kitisztítására, vagyis az esetleges durva mérési hibák korrigálására, majd a pontokra illesztett háromszögmodell illetve felületmodell létrehozására [2].

2.2. BURKOLÁS HÁROMSZÖGEKKEL - A HÁROMSZÖGMODELL

A 3. ábra a pontfelhőre illesztett háromszögmodell árnyékolt megjelenítését mutatja. A pontfelhőre megadott tűréssel illeszkedő háromszögek nem mindig adnak tökéletes eredményt, ezért gyakran szükséges utólagosan a „háromszög szerkesztésen opcióval” illetve a finomítás (refine) paranccsal módosítani a modellt.

3. ábra

A pontfelhőre illesztett durva és finomított háromszögmodell árnyékolt megjelenítésben

A „refine” opció segítségével növelhető a pontfelhőre feszített háromszögek száma. Erre azért lehet szükség, hogy javítsuk a felület folytonosságát. Jól látható a 3. ábra bal oldalán, hogy a 6828 mérési pont ellenére is meglehetősen egyenetlen, hepehupás felületet kapunk, tanácsos tehát a modellt a „refine” opcióval - a meglévő háromszögeket négy részre bontva - finomítani, esetleg többször is (3. ábra jobb oldala).

Fontos teendő még a gyártási technológia megtervezését megelőzően a munkadarab-nullpont felvétele, a megmunkálás számára kedvező pozícióba. A CNC programban szereplő értékek ettől a bázisponttól íródnak.

2.3. BURKOLÁS FELÜLETEKKEL - A FELÜLETMODELL

A háromszögekkel való burkolás mellett lehetőség van a pontfelhőre analitikus felületegységeket is illeszteni (4. ábra bal oldala). Az egyes felületelemek illesztésekor figyelembe kell venni a modell görbültségét, mert - az adott tűrést tartva - csak a közel azonos görbültségű területekre lehet megfelelő felületelemeket hozzárendelni.

A felületgenerálást meg kell előznie az ún. konstrukciós görbe szerkesztésnek, ugyanis az alakzat kontúrjának görbületét úgy szeretnénk lekövetni, hogy a felületelemeket pontosan tudjuk elhelyezni a modellünkre. Azonban ez sem mindig elegendő. Előfordul, hogy külön ponto(ka)t kell beszúrni a görbület megfelelő lekövetéséhez. Ha felületelemek csatlakozásánál meg nem engedhető módon és mértékben élek alakulnak ki, mód van az egyes felületdarabok módosítására, újra képzésére. Erre a hibaanalízis nyújt segítséget, ami mutatja, hogy a felületdarabok a szkennelt pontokra milyen tűréssel illeszkednek. Ezt szemlélteti a 4. ábra jobb oldala, ahol az eltérésekhez

színek vannak hozzárendelve. A színes ábrán jól látható, hogy esetünkben a legnagyobb eltérés is az előírt $T = 0.1$ mm tűrés alatt van!

4. ábra

A felületmodell árnyékolt megjelenítésben, a hibaanalízissel

2.4. A SZERSZÁMPÁLYA GENERÁLÁSA

A felületmodellek a továbbiakban felhasználhatók más CAD- modellek kiegészítésére, de CNC szerszámgépeken lehetőség van a felületek legyártására is.

A DELCAM cég PowerMILL szoftverébe beolvasott háromszögmodell vagy felületmodell legyártását az előgyártmány választásával kezdjük [3]. Ez után nyílik lehetőség a szerszám pálya megtervezésére, azaz CNC program automatikus generálására. Először egy nagyoló, majd egy simító szerszám pálya készítésére kerül sor. A nagyoláshoz egy $d=4$ mm átmérőjű, gömbvégű marót használtunk.

A nagyolási műveletben a háromszögmodellhez és a felületmodellhez egyaránt a „raszter” stratégiát alkalmaztuk. A technológiai paraméterek a következők voltak: fordulatszám - $n = 3000$ 1/min, fogásmélység - $a = 2$ mm, fogankénti előtolás - $f_a = 0.16$ mm/min, fogásszélesség - $b = 3$ mm, ráhagyás a nagyolás után - $R = 1$ mm, az előírt megmunkálási tűrés - $T = 0.5$ mm. A nagyolás gépi ideje a felületmodellre: $t_{gf} = 25$ perc 30 másodperc, a háromszögmodellre: $t_{gf} = 24$ perc 42 másodperc. A simításhoz szintén $d = 4$ mm átmérőjű gömbvégű marót alkalmaztunk. A simításra is a „raszter” megmunkálási stratégia tűnt a legjobbnak, ezért itt is ezt használtuk, mindkét modell megmunkálására. A technológiai paraméterek a következők voltak: fordulatszám - $n = 3000$ 1/min, fogankénti előtolás - $f_a = 0.08$ mm/min, fogásszélesség - $b = 0.1$ mm, tűrés - $T = 0.1$ mm. A simítás gépi ideje a felületmodell megmunkálásakor $t_{gf} = 2$ óra 51 perc 10 másodpercre, a háromszögmodellnél a $t_{gf} = 2$ óra 54 perc 24 másodpercre adódott.

A KF GAMF Kar Gépgyártástechnológia Tanszék Szerszámgép Laboratóriumában rendelkezésre álló TOMILL 160 típusú számjegyvezérlésű CNC marógép NCT 2000M vezérlőjére [4] történt a posztprocesszálás. A megmunkálás során speciális, környezetkímélő kenési technikát, ún. minimálkenést alkalmaztunk!

2.5. A SZERSZÁMPÁLYA SZIMULÁCIÓJA

A helyes technológia illetve a megmunkáláskor fellépő esetleges hibák kiküszöbölése érdekében célszerű előbb letesztelni a szerszámpályát, és csak azt követően gyártani. A szimulációban a háromszögmodell illetve a felületmodell szerszámpályáinak lefuttatásakor nem észleltünk különbséget, ezért a nagyolásra és a simításra csak egy szimulációs ábrát közlünk (5. ábra).

5. ábra

A nagyoló és a simító szerszámpályá szimulációja

2.5. A CNC MEGMUNKÁLÁS

A megmunkálás szimulációja és az azt követő korrekciók után megtörtént a digitalizált alkatrészfelület legyártása CNC marógépen, felére kicsinyített kivitelben (6. ábra).

6. ábra

A legyártott háromszögmodell (elől) és a felületmodell (hátsó) a CNC marógépen

3. EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

A két felületillesztési módszer szerinti megmunkálás - ugyanazon stratégia és technológiai paraméterek mellett - a gépi főidőre lényeges különbséget nem adott. Nagyoláskor a háromszögmodell megmunkálási ideje csak kevesebb, mint egy perccel rövidebb, simításakor pedig három perc a különbség, ami csupán pár százalék eltérést jelent.

A megmunkálás után kapott felületek minőségét hullámosság- és érdességméréssel ellenőriztük. A méréseket egy PERTHOMETER S6P típusú laboratóriumi érdességmérőn végeztük. A

tapintási úthossz $LT = 5.6 \text{ mm}$ volt. A felületmodell használatakor kisebb felületi érdesség mérőszámokat kaptunk: a megmunkált felület átlagos felületi érdessége $R_a = 1.3 \mu\text{m}$, a legnagyobb érdességmélység $R_t = 9.92 \mu\text{m}$. A háromszögmodellre ugyanezen érdesség-mérőszámok: $R_a = 1.64 \mu\text{m}$, $R_t = 11.3 \mu\text{m}$ -re adódtak. A felületmodell alkalmazásakor a maximális hullámmélység értéke a $W_t = 14.6 \mu\text{m}$, míg a háromszögmodellnél $W_t = 52.3 \mu\text{m}$.

Levonható tehát a következtetés, hogy harmonikus felületek - mint amilyen a kísérletünk tárgyát képező „egér” hátsó felülete is - RE módszerrel való reprodukáláskor a felületmodell alkalmazása célszerűbb. Ez eredményez nagyobb pontosságot, az eredetit jobban közelítő felületstruktúrát.

IRODALOM

- [1] William M. Newman - Robert F. Sproull: **Interaktív számítógépes grafika** 1979 /Magyar kiadás: 1985/
- [2] Delcam Hungary Kft.: **CopyCAD kézikönyv**
2000
- [3] Delcam Hungary Kft.: **PowerMILL kézikönyv**
2000
- [4] NCT Kft.: **NCT 2000 M vezérlés leírása**

Dr. Kodácsy János

Pintér Zsuzsanna

Pokriva Péter

tanszékvezető, főiskolai tanár

főiskolai adjunktus

tanszéki mérnök

Kecskeméti Főiskola GAMF Kar, Gépgyártástechnológia Tanszék

Tel: 06/76 516-389

E-mail: pokriva.peter@kefo.hu