

SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT CÉLGÉPTERVEZÉS

COMPUTER AIDED DESIGN OF SINGLE-PURPOSE MACHINES

Leskó Gergő*, Simon Gábor**, Rónai László***

ABSTRACT

Due to the high development of information technology, the automation of processes is becoming more and more feasible. The article deals with the computer-aided design of some phases of single purpose machine design. These machines can be used to perform a specific task. With the help of a self-developed program in C# programming language, some design operations of the target machine to be prepared for drilling-type operations can be speeded up.

1. BEVEZETÉS

Napjainkban az informatika igen gyors fejlődésének köszönhetően egyre több folyamat válik automatizálhatóvá, ezzel segítve a termelést az iparban. Az Ipar 4.0 filozófia lehetővé teszi az intelligens gyártást [1]. A [2] cikk hangsúlyozza az automatizált termelés, gyártás fontosságát. A tervezési feladatok komoly mérnöki odafigyelést, precizitást igényelnek, nincs ez másképp a célgéptervezésnél sem [3].

Az ilyen berendezések rendszerint egy meghatározott feladat elvégzésére alkalmasak nagy termelékenységgel. Feladat tekintetében ez rendszerint munkadarab manipulálási vagy megmunkálási folyamatokat jelent.

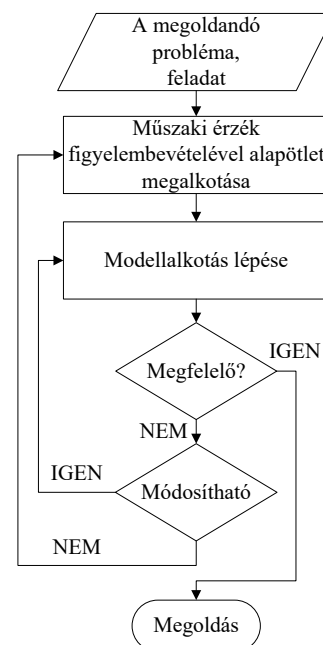
Jelen cikk célja egy olyan program fejlesztése, mely lehetővé teszi a célgéptervezés folyamatának meggyorsítását. Olyan előgyártmányok esetében használható a program, melynek készre munkálásához fúrás jellegű megmunkálások tartoznak, ezek lehetnek: magfurat elkészítése, süllyesztés, dörzsárazás, menetfúrás, élettörés vagy furatbővítés. A célgéptervezés automatizálási lehetőségeivel már egy korábbi cikk [4] foglalkozott, ott a furatfelismerő algoritmus működése részletes leírásra került.

A cikk a következőképpen strukturált: a 2. fejezet röviden, folyamatábrák segítségével bemutat két tervezési módszertani alapelvet, melyeket a gyakorlatban eredményesen lehet alkalmazni. A 3. fejezetben szó esik a célgéptervezés

folyamatáról, annak automatizálhatóságáról. Több olyan tervezési lépés/művelet is mutatkozik, melyek időszükségletét számítógépes program segítségével le lehet rövidíteni. A 4. fejezetben egy, a Visual Studio szoftverkörnyezetben fejlesztett, C# programozási nyelven megírt program bemutatása történik. A program jelenleg fúrás műveleteket tartalmazó megmunkálások esetére tudja elvégezni a funkcióösszevonásokat, ezzel segítve a tervező feladatát. Az utolsó fejezet az elvégzett munkát és a jövőbeni terveket tartalmazza.

2. TERVEZÉS MÓDSZERTANI ALAPELVEK

Az angolszász, avagy intuíción alapuló tervezési módszer a megérzésre épít elsősorban. A műszaki probléma ekkor nem logikai lépések egymásutánosságából kerül megoldásra, hanem a problémát intuitív módon próbálja kezelni, megoldani. A módszer egyes lépéseit az 1. ábrán látható folyamatábrára mutatja be.



1. ábra Intuíción alapuló megoldáskeresés folyamatábrája

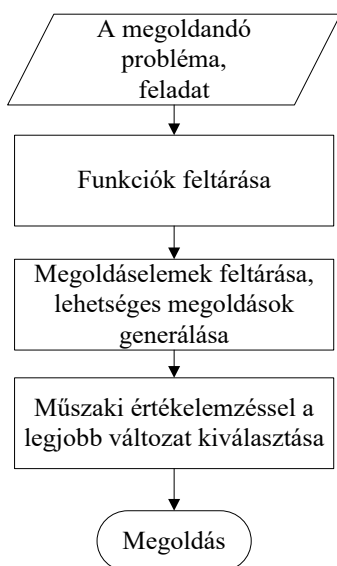
*hallgató, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet

**mesteroktató, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet

***PhD, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet

Hátránya, hogy a sok visszacsatolás következtében többször is vissza kell az alapötlethez térni. Továbbá a jó ötlet megszületését nem lehet időben megbecsülni, illetve megfelelő műszaki tapasztalat nélkülözhetetlen hozzá. Az ötletelésre több ismert technika is létezik, ezek a teljesség igénye nélkül pl. a brainstorming, 635-ös módszer, Delphi módszer.

A módszeres tervezés az előbb említett technikával szemben itt egy algoritmust kell alkalmazni, melyet végrehajtva el lehet jutni a megfelelő megoldáshoz, konstrukcióhoz. A módszernél a megoldandó problémát részfeladatokra kell tagolni, és a részfeladatok összes lehetséges megoldását szükséges feltárni. A feltárt megoldásváltozatok közül az egyes szempontok szerinti legjobb megoldást kell kiválasztani, és kialakítani. Egy konstrukció tervezésekor figyelembe kell venni a funkció-összevonás és szétválasztás elveit. Fő tervezési szempont az adott funkciót ellátó termék létrehozása megfelelő minőséggel párosulva, a költséghatékonyság mellett. Az angolszász módszerrel szemben a technika biztosítja a tervezési folyamatban történő folyamatos előrehaladást, továbbá a tervezés befejezési ideje jobban becsülhető. Ennek a technikának a folyamatábráját a 2. ábra szemlélteti. Itt nincsenek visszacsatolások, hanem sorrendiség figyelhető meg.



2. ábra A módszeres tervezéshez tartozó folyamatábra

3. CÉLGEPTERVEZÉS METODIKÁJA, AUTOMATIZÁLHATÓSÁGA

A célgépeket egy adott művelet, folyamat elvégzésére lehet használni, nagy termelékenység mellett. Építőszekrény elvet követve épülnek fel ezen berendezések, azaz nagyszámú

szabványosított alkatrészből, egységből tevődnek össze. A célgépeket nem, vagy csak limitáltan lehet átállítani más művelet elvégzésére.

Tervezéskor először meg kell vizsgálni a készre munkáláshoz szükséges műveleteket. A tervezés során szükséges több számítás elvégzése is, melyek érintik a megmunkálási műveletek időszükségleteit, és a megmunkálással kapcsolatos paramétereket, úgy, mint teljesítmény, főforgácsoló erő stb.

Ezután az egyes célgépi műveleteket össze kell vonni. Az összevonásnak 3 szintjét különböztetjük meg [3]. Az elsőfokú térbeli összevonás során az azonos támadási irányban lévő szerszámokat egy forgástengelyre kell összevonni. A másodfokú térbeli összevonásnál pedig, hogy a megegyező támadási irányokban lévő szerszámokat egy előtölő egységre lehessen összevonni. Az utolsó, azaz a harmadfokú térbeli összevonásnál a műveleti eszközöket szükséges a munkadarab köré csoportosítani, ez fogja szolgálni a célgépi pozíciókat.

A célgéptervezést 3 fázisra bontjuk. Az elsőben az egyes célgéptervezési folyamatokat megvizsgálva elmondható, hogy a munkadarab technológiai vizsgálata, megmunkálási módok kiválasztása, és készüléktervezés mind-mind olyan lépés, mely nem automatizálható, hiszen ezeket egy technológus hathatós közreműködésével lehet megtenni.

A célgéptervezés második fázisában lévő műveletek, úgy, mint a műveletek időbeli kiosztása, funkció összevonások, pozíció összekötések vizsgálata, időciklogram készítése, és a végleges technológiai tervezés automatizálható, számítógépes programmal gyorsítható.

A harmadik fázishoz tartozó aggregát egységek kiválasztása, szerszámok éltartam vizsgálata, diszpozíciós tervek készítése esetében több művelet is automatizálható lehetne, de jelen cikk a második fázishoz tartozó műveletek, lépések automatizálásával, számítógéppel segített tervezésével foglalkozik.

4. TERVEZÉST SEGÍTŐ PROGRAM

A program a Visual Studio szoftverkörnyezetben, C# objektum orientált programozási nyelv segítségével került kifejlesztésre.

A felhasználói felület kialakításánál cél volt a könnyű kezelhetőség és az átláthatóság. A program fúrási műveletek segítségét szolgálja.

3. ábra A fúrás műveletek beviteli mezője

Első lépésben meg kell adni az alkatrész adatait (lásd: 3. ábra). A kódokhoz tartozik jelmagyarázat is a programban. A megmunkálásokhoz tartozó kódjeleket az 1. táblázat tartalmazza.

A megmunkálások elvégzésénél természetesen a sorrend mérvadó lesz, azaz pl. nem lehet menetet fúrni, illetve dörzsárazni, míg nincs furat.

A mintakód valamely karakterére ráállítva a kurzort a jelmagyarázatban megjelenik egy rövid ismertető szöveg, ami leírja, mit kell az adott karakter helyére írni.

1. táblázat A megmunkálások kódjelei

Megmunkálás kódjele	Megmunkálás
D	Dörzsárazás
E	Élletörés
F	Fúrás
FB	Furatbővítés
H	Homloksüllyesztés
M	Menetfúrás
S	Süllyesztés

Mivel furatok, illetve furat jellegű megmunkálási módok vannak, így a térben szükséges hengerek definiálása. Ehhez egy egytetemes koordináta-rendszerre van szükség. A henger térbeli definiálása [5] alapján történik. A henger középpontja C -vel, a forgástengely egységvektora \vec{w} vektorral, a sugara r -rel, a magassága h -val van jelölve, így a henger pontjai az alábbi összefüggéssel megadhatók:

$$P = C + s \cos \varphi \vec{u} + s \sin \varphi \vec{v} + t \vec{w}, \quad (1)$$

ahol az $0 \leq s \leq r$, a $\varphi \in [0, 2\pi]$, $|t| \leq h/2$, $\vec{w} = \vec{u} \times \vec{v}$. A programban a középpont helyett elég a furat kezdőpontját megadni, és egy $\frac{h}{2} \vec{w}$ szorzóval könnyedén átalakítja a középpontjává.

A tengely irányvektorának megadásakor a program bekéri a furat tengelyének XY síkra vett vetületének az X tengellyel bezárt θ szögét, majd szükséges megadni a furat tengelye és az XY sík által bezárt γ szöget, így:

$$\vec{w} = (\cos \theta \vec{e}_x + \sin \theta \vec{e}_y) \cos \gamma + \sin \gamma \vec{e}_z. \quad (2)$$

Ezek ismeretében a kód, mely egy A jelű furat megadásához szükséges:

$$A(F; C(x, y, z); \theta; \gamma; r; h). \quad (3)$$

A program egynél több henger megadása után kiszámolja a hengerek középpontjának egymáshoz képesti különbségét, továbbá veszi a hengerek tengelyének egységvektorait, amelyeket összeszoroz vektoriálisan. Ez utóbbinak nagy jelentősége lesz, hiszen ennek segítségével fog a

program síkokat beszúrni és vizsgálni, hogy az adott sík metszi-e valamelyik hengert.

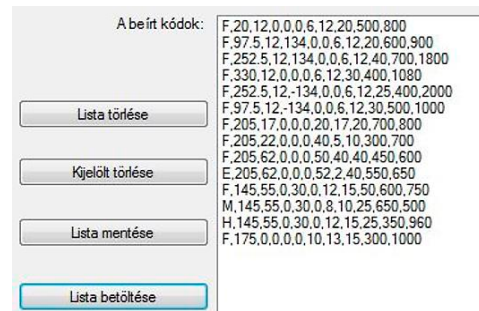
A (3) kódot a geometriai paramétereken túl még szükséges kiegészíteni a fúrési paraméterekkel, melyek a v_c forgácsolási sebesség, a v_f előtoló mozgáshoz tartozó sebesség, és az F_e előtoló erő. A két sebesség paramétert mm/s-ban kell megadni a program számára.

A támadási irányok definiálásához szükségesek a θ és γ szögek. A támadási irányokat a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat A támadási irányok értelmezése

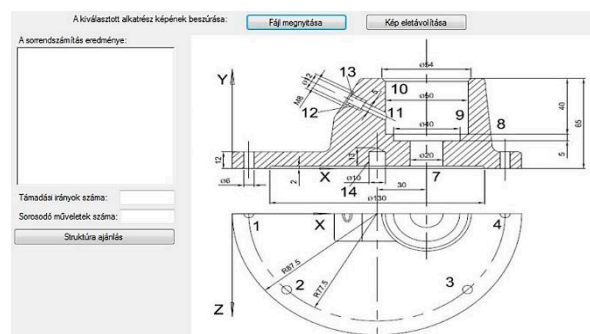
Támadási ir.	θ szög [°]	γ szög [°]
X+	0	0
X-	180	0
Y+	90	0
Y-	-90	0
Z+	0	90
Z-	0	-90

Ha egy művelet beírása megtörtént, akkor a *Felvétel listába* gomb megnyomásával bekerül a kódsorozat. Értékbevitel nemcsak ilyen módon lehetséges, hanem importálni is lehet azt egy .txt kiterjesztésű fájlból (lásd: 4. ábra).



4. ábra Kódlista és az azzal végezhető műveletek

Mindezek után a *Sorrend készítés* gombot megnyomva a program megadja a sorosítás és párhuzamosítás eredményét az előzőleg ismertetett feltételek alapján. Az adott alkatrészhez tartozó műhelyrajz importálására is ad lehetőséget a program (lásd: 5. ábra).



5. ábra Eredmény mező és az alkatrész rajzának importálása

Az 5. ábrán látható példánál az egyes fűrasi műveletek számozva vannak. A 14 fűrasi művelethez a beírt kódokat a 6. ábra mutatja.

```
F,20,12,0,-90,0,6,12,330,3,5,300
F,97,5,12,134,-90,0,6,12,330,3,5,300
F,252,5,12,134,-90,0,6,12,330,3,5,300
F,330,12,0,-90,0,6,12,330,3,5,300
F,252,5,12,-134,-90,0,6,12,330,3,5,300
F,97,5,12,-134,-90,0,6,12,330,3,5,300
F,205,62,0,-90,0,10,17,416,6,1,450
F,205,62,0,-90,0,20,5,416,5,3,900
F,205,62,0,-90,0,25,40,416,4,7,1100
E,205,62,0,-90,0,27,2,416,4,41,1150
F,145,55,0,-30,0,2,5,15,416,7,4,250
M,145,55,0,-30,0,4,10,130,4,8,100
H,145,55,0,-30,0,6,15,416,6,2,300
F,175,0,0,90,0,5,13,416,6,1,300
```

6. ábra Konkrét megmunkálási példához tartozó kódok

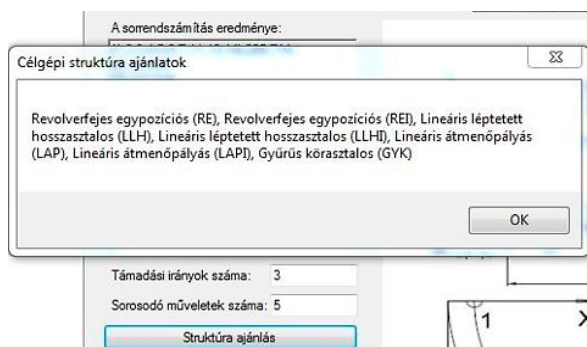
Ezután a *Sorrend készítés* gombra kattintva megkapható a sorrendszámítás eredménye, ezt mutatja a 7. ábra.

```
A sorrendszámítás eredménye:
(1,2,3,4,5,6,7,11,13,14),205,714
(8),56,604
(9),510,638
(10),27,211
(12),125
Támadási irányok: y-, x+, y+.
```

7. ábra A sorrendszámítás eredménye

A zárójelben lévő számok a furatszámokat jelölik. A külön sorban lévő számok nem vonhatók össze, míg az egy sorban található párhuzamosíthatók. A megmunkálási sorrend fentről, lefelé értendő. Először a fűrasi-, a süllyesztési-, majd végül a menetfűrasi műveletek vannak. A zárójeles részeket követően az adott állomás műveleti ideje látható másodpercben kifejezve. A legalsó sor a szükséges támadási irányokról ad tájékoztatást.

Célgépi struktúra ajánlásához szükséges megadni a sorosodó műveletek- és támadási irányok számát. A példában látható, hogy a kötelezően sorosodó műveletek száma öt, míg a támadási irányoké három. A 8. ábra a program által adott ajánlatokat szemlélteti.



8. ábra Célgépi struktúrára ajánlatok a program által

Az összes lehetséges struktúrát felajánlja a program, amely a tervezést segíti. Az *OK* gomb megnyomásával a program megkérdezi, hogy akar-e a felhasználó passzív pozíciót, ez módosíthatja a korábbi struktúra ajánlatokat.

Jelenleg a program a célgéptervezést csak fűrasi folyamatokra segíti. A jövőben a tervek között szerepel, hogy program képes legyen marás jellegű megmunkálásokhoz tartozó funkcióösszevonások kezelésére.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A célgéptervezés az iparban több helyen is egy fontos feladat. A cikk röviden bemutatta a géptervezési módszereket. Mivel a célgéptervezés lépései igen sok mérnökórát megkövetelnek, így a cikkben bemutatott program nagy segítséget jelenthet a tervezési feladat meggyorsítására. A program jelenleg fűrasi jellegű műveleteket tartalmazó megmunkálási típusokat tud megbízhatóan kezelni. A funkcióösszevonást, a műveleti sorrendterv elkészítését, a műveleti idők számítását és a jellemző célgépi struktúra ajánlását tudja megkönnyíteni a program a felhasználó számára.

A jövőben a tervek között szerepel a program funkcióinak kibővítése pl. marási műveletek elvégzésére való alkalmasság elérése.

6. IRODALOM

- [1] Brecher, C., Müller, A., Dassen, Y. et al.: *Automation technology as a key component of the Industry 4.0 production development path*, Int. J. Adv. Manuf. Technol. Vol. 117, pp. 2287–2295, (2021)
- [2] Papulová Z., Gažová A., Šufliarský L.: *Implementation of Automation Technologies of Industry 4.0 in Automotive Manufacturing Companies*, Procedia Computer Science, Vol. 200, pp. 1488-1497, (2022)
- [3] Takács Gy., Zsiga Z., Szabóné Makó I., Hegedűs Gy.: *Gyártósorok módszeres tervezése*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolc (2009)
- [4] Leskó G., Takács Gy.: *Célgéptervezés automatizálási lehetőségei*, Multidiszciplináris tudományok, 6. kötet, pp. 77-85, (2016)
- [5] Eberly D. H.: *Game Physics*, second edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, (2010)